

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Vizualizace provozu tepelného čerpadla se simulací
Heat Pump Operation Visualization and Simulation

Ostrava, 2013

Martin Skarka

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně.

Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.*
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou/diplomovou práci užít (§35 ods. 3).*
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské/diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a údaje o bakalářské /diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.*
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.*
- Zdrojový kód implementující síťový protokol DB-Net, v rámci třídy DBnet, je majetkem firmy Sybas Control s.r.o. a tvoří tudíž výjimku z výše uvedených bodů.*

V Ostravě.....

.....
Martin Skarka

Poděkování

Chtěl bych touto cestou velmi poděkovat své rodině, která mě po celou dobu realizace diplomové práce podporovala. Vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Zdeňku Slaninovi, Ph.D. za cenné rady, konzultace a připomínky. Zároveň bych také rád poděkovat panu Ing. Petru Babinci za poskytnuté rady ohledně vývoje firmware pro dotykový terminál, přenosu dat pomocí vývojového nástroje Diriga a práce s vizualizačním nástrojem Scribo.

Abstrakt

Tato práce se věnuje tématu tepelných čerpadel a to hlavně vývoji uživatelského rozhraní, vhodného pro danou technologii. V úvodu je stručně pojednáno o konstrukci, možnostech a historii tepelných čerpadel. Cílem práce však není popis, či rozbor technologie tepelného čerpadla jako takového, důraz je kladen především na implementaci softwaru a firmwaru grafického dotykového terminálu, implementaci vizualizace pro PC a realizaci simulace technologie tepelného čerpadla. Cílem této práce bylo vytvořit komplexní, funkční a uživatelsky přijatelný softwarový produkt, který by dokázala obstát na českém, popřípadě i zahraničním trhu. Během vývoje tak byly jednotlivé kroky diskutovány nejen s distributorem tepelných čerpadel, ale také se zástupci firmy Mitsubishi, jejichž tepelné čerpadlo je v systému použito. Firma Mitsubishi má očividně zájem, aby jejich produkty byly distribuovány v systémech s náležitou úrovní a uživatelským komfortem. Ve výsledku nabízí tepelné čerpadlo režim topení i chlazení, čtyři regulační okruhy, které je možné dle potřeby nastavit a aktivovat, regulaci pomocí týdenního programu, dotykové uživatelské rozhraní, umístěné na technologii a vizualizaci přes PC. Diplomová práce pojednává o jednotlivých krocích, které byly při realizaci práce vykonány a na konci rovněž neopomíná nastínit směr, kterým by se mohl ubírat další vývoj vizualizace a dotykového rozhraní.

Abstract

This Work's contents are focused on heat pumps and especially development of user interface for such technology. In the beginning the work contains brief information regarding construction and history and possible applications of heat pumps. However the main focus of this work is not to describe the technology of a heat pump rather than to create a complex functional and user friendly software product, capable of taking its place on market. Considering the topic of this work, I hope it is understandable that it restricts itself to description of software and firmware implementation of the touchscreen interface, implementation of visualization and simulation of the actual heat pump technology. Each step taken during the development has been discussed not only with the heat pump distributor, but also with the Mitsubishi Company, whose heat pump is used implemented in the system. Mitsubishi has an apparent interest their products are distributed in systems with certain level of user comfort. In conclusion the heat pump offers heating and cooling mode, four customizable regulation loops, week program regulation, touchscreen interface located on the device and visualization for PC. This document describes each step, necessary to complete this product and in concluding doesn't forget to present possible future works and improvements to the touchscreen interface and visualization.

Klíčová slova

Tepelné čerpadlo, Vizualizace, Dotykový terminál, Simulace, Firmware

Key words

Heat pump, Visualization, Touchscreen terminal, Simulation, Firmware

Seznam použitých symbolů a zkratek

Addr – Adresa

AI (Analog Input) – analogový vstup

AO (Analog Output) – analogový výstup

Bd –Baud, jednotka modulační rychlosti.

Col – sloupec

Com – komunikační port sériové linky

Cols – počet sloupců

DI (Digital Input) – digitální vstup

DO (Digital Output) – digitální výstup

GUI(Genelat User Interface) – uživatelské rozhraní

HMI (Human Machine Interface) – rozhraní člověk stroj

IQRF – technologie pro bezdrátovou paketově orientovanou komunikaci po rádiové frekvenci

OS – Operační Systém

PC (Personal Computer) – Osobní počítač

PLC (Programmable Logic Controller) – programovatelná logická řídicí jednotka

Row – řádek

Rows – počet řádků

RTC (Real Time Clock) - hodiny reálného času

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) – kontrola a sběr dat

TČ (Tepelné čerpadlo)

TEV (termostatický expanzní ventil)

TUV (Teplá užitková voda)

WID – identifikace proměnné

1	ÚVOD	- 1 -
2	PRINCIP TEPELNÉHO ČERPADLA.....	- 2 -
3	POUŽITÉ HARDWAROVÉ A SOFTWAREVÉ PROSTŘEDKY	- 2 -
3.1	PROGRAMOVATELNÝ AUTOMAT PLC P3	- 3 -
3.2	DOTYKOVÝ DISPLEJ IQRF GW-QWGA-01A.....	- 4 -
3.3	KOMUNIKAČNÍ PROTOKOL DB-NET	- 4 -
3.4	TEPELNÉ ČERPADLO	- 5 -
3.5	VÝVOJOVÝ NÁSTROJ DIRIGO	- 6 -
3.6	VIZUALIZAČNÍ NÁSTROJ SCRIBO.....	- 6 -
3.7	VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ MPLAB	- 6 -
3.8	TOPOLOGIE SYSTÉMU	- 6 -
4	JEDNOTLIVÉ FÁZE REALIZACE	- 7 -
4.1	VÝBĚR DOTYKOVÉHO DISPLEJE	- 7 -
4.2	IMPLEMENTACE ZÁKLADNÍHO MENU	- 7 -
4.3	POKROČILÉ FUNKCE DOTYKOVÉHO DISPLEJE.....	- 8 -
4.3.1	Hlavní obrazovka	- 8 -
4.3.2	Týdenní program.....	- 8 -
4.3.3	Rozšíření funkcí menu	- 8 -
4.4	IMPLEMENTACE VIZUALIZACE A SIMULACE:	- 9 -
5	REGULACE	- 10 -
6	DOTYKOVÝ TERMINÁL.....	- 10 -
6.1	OVLÁDÁNÍ DOTYKOVÉHO TERMINÁLU	- 11 -
6.1.1	Informace o systému.....	- 12 -
6.1.2	Přehled systému.....	- 13 -
6.1.3	Týdenní program	- 13 -
6.1.4	Nastavení data a času	- 16 -
6.1.5	Informace o přístroji	- 16 -
6.1.6	Nastavení Systému.....	- 17 -
6.1.7	Nastavení obrazovky	- 18 -
6.1.8	Nastavení zvuku.....	- 19 -
6.1.9	Poruchová hlášení.....	- 19 -
6.2	IMPLEMENTACE DOTYKOVÉHO TERMINÁLU.....	- 20 -
6.2.1	Topologie terminálu	- 20 -
6.2.2	Aplikace v Dirigu	- 20 -
6.2.3	Firmware.....	- 29 -
7	VIZUALIZACE.....	- 35 -
7.1	OVLÁDÁNÍ VIZUALIZACE NA PC.....	- 36 -
7.2	TVORBA VIZUALIZACE NA PC.....	- 37 -
8	SIMULACE.....	- 39 -
8.1	PROGRAM SIMULÁTORU	- 41 -
8.2	SIMULOVANÉ HODNOTY	- 44 -
9	ZÁVĚR.....	- 47 -
10	POUŽITÁ LITERATURA	- 48 -

11	SEZNAM PŘÍLOH	- 49 -
----	---------------------	--------

1 Úvod

Během několika posledních let se u nás nečekaně zvedla obliba tepelných čerpadel. Přestože stále převládá vytápění plynem, nebo spalováním tuhých paliv, začínají tepelná čerpadla zaujímat své místo na českém trhu. Dá se říci, že dnes je tepelným čerpadlem vybavena takřka každá desátá novostavba. Důvodů může být hned několik. Rostoucí ceny na trhu s energií nutí v kombinaci s ekonomickou krizí, k ekonomičtějším krokům ve všech sférách lidské činnosti, topení nevyjímaje. Tepelná čerpadla jsou sice znevýhodněna vyšší pořizovací cenou, avšak mnohem nižší náklady na provoz slibují rychlý návrat počáteční investice. Dalším z možných důvodů je také příchod zelené vlny a s ní spojená péče o životní prostředí. Tepelné čerpadlo je k životnímu prostředí mnohem ohleduplnější než jiné zdroje tepla a jeho používáním se výrazně snižují emise skleníkových plynů a jiných škodlivin, proto jsou také tepelná čerpadla výrazně podporována Státním fondem životního prostředí v dotačním programu. Také by neměly být opomenuty faktory, jako vyšší komfort vytápění tepelným čerpadlem třeba v porovnání se spalováním tuhých paliv. U tepelného čerpadla není nutné starat se v létě o zásoby dřeva, či uhlí a v zimě pravidelně přikládat a vynášet popel. Tepelné čerpadlo navíc také umožňuje propojit topení s dalšími technologiemi, k vytápění je tak možné přidat větrání, či klimatizaci. Uvážíme-li však, že princip tepelných čerpadel je znám více než sto let a technologie zůstává od jejich objevu téměř nezměněna, nutně nám musí vyvstat otázka, jak je možné, že jejich rozmach nenastal mnohem dříve? Charakteristikou tepelných čerpadel je jejich relativně omezený výkon, pokud mají zároveň zůstat ekonomická. Ještě před několika lety byla většina novostaveb energeticky až dvakrát náročnější na vytápění, než dnes. S příchodem nových materiálů, zateplovacích technologií, úspornějších systému hospodaření s teplem a především nástupem nízkoenergetických staveb, dnes potřebují budovy ke svému provozu mnohem méně tepla než v minulosti.

Realizace této diplomové práce reaguje na poslední trendy trhu a požadavky společnosti v daném odvětví. Tato práce si klade za cíl vytvořit ve spolupráci s firmou Sybas Control s.r.o. funkční, sofistikovaný a celistvý produkt, který by dokázal obstát na trhu s tepelnými čerpadly. Popravdě, již samotný výběr tématu diplomové práce byl konzultován s firmou, aby bylo zvoleno téma, které by mohlo mít přínos do budoucna a dalo by vzniknout takovému projektu, v jehož vývoji by bylo možno pokračovat.

Požadované funkce aplikace byly následující:

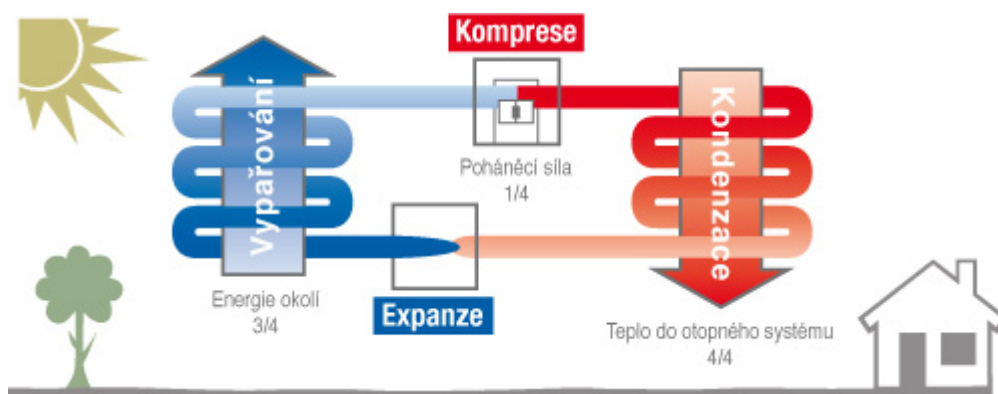
- Regulace tepelného čerpadla
- Vizualizace na PC
- Uživatelské rozhraní pomocí dotykového ovládacího panelu
- Simulace tepelného čerpadla

Cílem této diplomové práce není zabývat se regulací, nebo samotnou technologií tepelných čerpadel, ale spíše se soustředit na vývoj uživatelské rozhraní a simulaci. Regulace tepelného čerpadla je realizována pomocí firemního programovatelného automatu PLC P3. Tímto je jasně definován způsob komunikace, a to pomocí sériové linky RS485, za použití komunikačního protokolu DB-Net. Jako simulátor je použit další modul PLC P3, jehož vstupy a výstupy jsou připojeny k regulátoru. Implementace celého zařízení byla realizována převážně pomocí firemních nástrojů Dirigo a Scribo, pouze pro dotykový panel, jehož firmware je specifický, bylo nutné použít vývojový nástroj MPLAB.

2 Princip tepelného čerpadla

Tepelné čerpadlo je zařízení, které dokáže využít nízkopotenciální energii, jež je kolem nás obrovské množství, a převést ji do užitečné podoby. Tepelné čerpadlo ke svému provozu potřebuje určité množství elektrické energie, je tedy zjevné, že tepelné čerpadlo samo o sobě energii nevyrábí, pouze ji přečerpává z nižší teplotní úrovně na tu vyšší. Z tohoto principu také vychází jeho název: tepelné čerpadlo.

Na vstupní, tzv. primární straně tepelného čerpadla, je vždy výměník tepla, nazývaný výparník. Sem se pomocí vhodného teplotonosného média (vzduch, voda, nemrzoucí směs) přivádí nízkopotenciální teplo z venku a do jeho druhé poloviny se tryskou termostatického expanzního ventilu (TEV) vstříkují pod velkým tlakem kapalné chladivo. Tlak ve výparníku za TEV je nižší a kapalné chladivo se proto rychle odpařuje. Tím se celý výparník podchlazuje na teplotu nižší, než je teplota prostředí, ze kterého se odebírá teplo. Tak je dosaženo toho, že teplo ze „studené“ strany ohřívá podchlazený plyn a tento ohřátý, ale stále ještě studený plyn je nasáván kompresorem. Nasávaný plyn si s sebou zvenku nese získanou energii. Po stlačení kompresorem se plyn silně zahřeje. V kompresoru se k energii nesené plynem přidá další část energie ve formě ztrátového tepla z elektromotoru kompresoru a tepla vzniklého třením jeho pohyblivých ploch. Stlačený plyn na výtlaku kompresoru dosáhne vyšší teploty než voda v topném systému a je veden do sekundárního výměníku, tzv. kondenzátoru, kterým topná voda proudí. Tam horký plyn zkapalní a předá teplo chladnější topné vodě. Kapalina je zase vedena do expanzního ventilu a celý cyklus běží spojitě stále dokola. [1][2][12][13] Princip tepelného čerpadla je ilustrován na (Obr. 1).



Obr. 1: Princip tepelného čerpadla [15]

3 Použité hardwarové a softwarové prostředky

Při realizaci projektu byly použity následující hardwarové a softwarové prostředky:

- PC s operačním systémem MS Windows
- Programovatelný automat PLC P3 firmy Sybas Control (dále jen PLC P3)
- Dotykový displej IQRG GW-QWGA-01A
- Tepelné čerpadlo Mitsubishi ZUBADAN
- Programovací nástroj Dirigo
- Vizualizační nástroj Scribo
- Vývojové prostředí pro mikrokontroléry Microchip MPLAB

3.1 Programovatelný automat PLC P3

PLC P3 (Obr. 2) je programovatelný automat vyvinutý firmou Sybas Control a je založeno technologii osmibitového mikrokontroléru PIC firmy Microchip. PLC P3 nabízí digitální a analogové vstupy a výstupy, možnost modulárního rozšíření přes I²C a komunikaci s PC nebo dalšími PLC po sériové lince (RS485/RS422). Programování PLC probíhá skrze grafický programovací nástroj Dirigo a program je rozdělen do čtyř vláken, s různou periodou opakování.

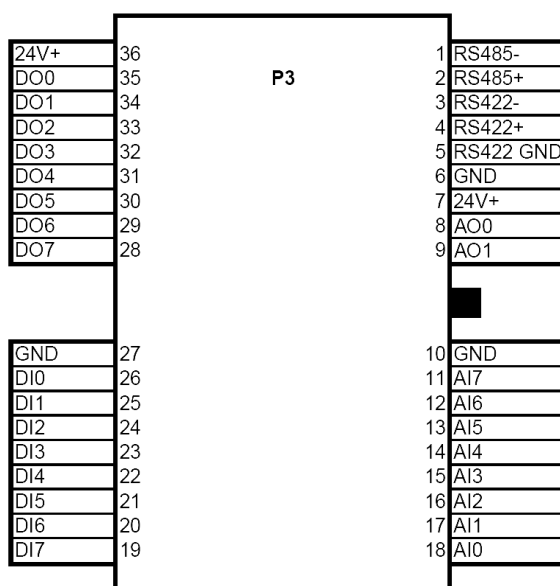
Vlákna jsou označena čísly a jejich význam je:

- 1: Opakování každou sekundu
- 2: Opakování každých 100 milisekund
- 3: Komunikační vlákno, perioda opakování je zadána v projektu.
- 4: Provádí se ve zbylém strojovém čase tak rychle jak je to jen možné

Základní vlastnosti PLC P3 jsou:

- 8 digitálních vstupů 24V/DC (5-48V/DC), signalizace funkce zelenou LED
- 8 digitálních výstupů 24V/DC/0.5A, signalizace funkce červenou LED
- 8 analogových vstupů 0-10V konfigurovatelných skupinově, nebo
- 2 analogové výstupy 0-10V
- Všechny signály (vstupy, výstupy, teplotní čidla, MP-BUS, přídavné sériové rozhraní jsou galvanicky neoddělené a jsou spojeny s napájecími svorkami
- Komunikační linka RS485/422/232 galvanicky oddělená
- Komunikace probíhá přes Páteří komunikační protokol AMiT DB-Net

Více zařízení P3 je možné připojit do sítě podle výkresu: (Příloha 1. – Schéma zapojení dvou P3 na jednu sériovou linku). [4]



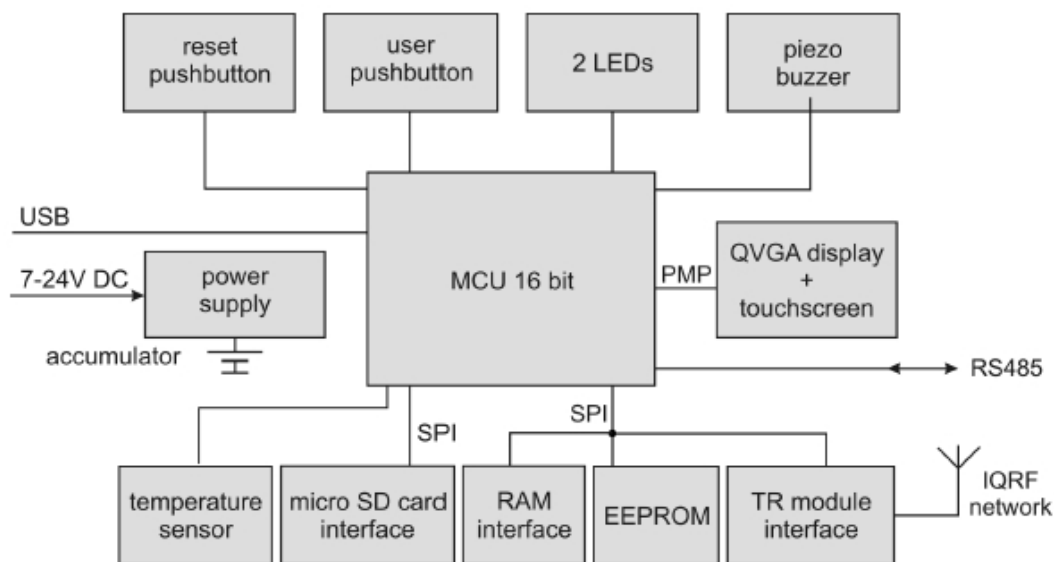
Obr. 2: Vstupy a výstupy PLC P3 [4]

3.2 Dotykový displej IQRF GW-QWGA-01A

Jedná se o rezistivní, 3.2 palcový, dotykový, grafický displej s rozlišením 320 x 240 pixelů, se schopností zobrazit až 256 tisíc barev. Dotykový displej je založen na technologii šestnáctibitového mikrokontroléru PIC od firmy Microchip. [11] Stejně jako PLC P3 je dotykový terminál programovatelný grafickým vývojovým nástrojem Dirigo.

- 16b mikro kontrolér
- Paměti serial RAM (volitelná) a EEPROM
- Teplotní senzor
- RTC
- Rozhraní pro modul IQRF vysílače
- Rozhraní pro RS-485, USB and SD kartu

Blokové schéma grafického displeje je na (Obr. 3)



Obr. 3: Blokové schéma displeje IQRF [11]

3.3 Komunikační protokol DB-Net

DB-Net je asynchronní síťový komunikační protokol realizovaný na lince RS485 (spojení více stanic do sítě) nebo na lince RS232, resp. RS422. (spojení typu bod-bod)

Charakter protokolu je obecně síťový, umožňuje tedy propojení většího množství stanic navzájem do sítě. Použitá topologie je založena na definici linky RS485, má tedy charakter sběrnice (BUS). Použití Linky RS232 (RS422) je v tomto uspořádání uvažována pouze jako speciální případ sítě tvořené dvěma stanicemi.

Přenos dat je realizován metodou žádost-odpověď (REQUEST-ANSWER).

Stanice s oprávněním k vysílání vyšle rámec s požadavkem a čeká na odpověď od protistanice. Jakákoliv stanice, která momentálně nedoručí token (viz dále) může obdržet žádost, kterou musí zpracovat a neprodleně vyslat odpověď.

Řízení Přístupu stanic na sběrnici je prováděno metodou předávání tokenu v logickém kruhu (*TOKEN-RING*), protokol je tzv. *multimaster-multislave*.

Jednotlivé stanice si navzájem předávají token. Stanice, která je držitelem tokenu může odvysílat

žádost na přenos dat - stává se *master* (řídí celou síť). Po zpracování svých komunikačních požadavků předá token další stanici - stane se *slave* (pouze odpovídá na žádosti).

Rychlost komunikace je možné zvolit ze čtyř hodnot: 9 600, 19 200, 38 400 a 57 600 Bd.

Formát jednoho znaku je: 8 bitů, sudá parita, 1 stop bit.[9]

3.4 Tepelné čerpadlo

Jako tepelné čerpadlo je použito zařízení Mitsubishi Electric, typ ZUBADAN 14kW s venkovní jednotkou PUHZ-HRP100YHA (Obr. 4). Chladicí okruh Zubadan s HIC tepelným výměníkem a s *Flash-injection* kompresorem udržuje stabilní tok chladiva i při velmi nízkých venkovních teplotách. Díky této technologii nedosahuje chladivo vysokých teplot a umožňuje ohřev vody až na 60 °C. Parametry tepelného čerpadla je možné vidět v tabulce (Tab. 1). [14]



Obr. 4 Tepelné čerpadlo ZUBADAN [16]

Jmenovitý výkon	14 kW (5 - 15 kW)
COP (A7 / W35)	4,42
Venkovní jednotka	PUHZ-HRP125YHA
Kompresor	Inverter, Hermetic Scroll
Ventilátor	Inverter, 2 vrtule
Hladina akustického tlaku	52 dB (A) - vzdálenost 1m od jednotky, ve výšce 1,5m
Objemový průtok vzduchu	6000 m ³ /hod
Rozměry (V / Š / H)	1350 / 950 / 330mm
Hmotnost	134kg
Zdroj napětí	380-415V / 3 fáze / 50Hz
Doporučená velikost jističe	16A
Max. výstupní teplota vody	60°C, (55 při -15°C, 47 při -25°C)
Garantovaný operační rozsah	-25°C až +35°C
Vnitřní jednotka	ECO-ONE (HW - bez bojleru)
Objem zásobníku TV	Není
Řízení ohřevu TV	3-cestný ventil (volitelně)
LCD display	barevný, dotykový, v českém jazyce
Elektrokotel	6kW
Rozměry (V / Š / H)	700 / 550 / 400mm
Hmotnost	50 kg

Tab. 1 Parametry tepelného čerpadla ZUBADAN

3.5 Vývojový nástroj Dirigo

Dirigo je Grafický, programátorský nástroj pro PLC firmy Sybas Control, pracující na principu propojování grafických funkčních bloků. Jednotlivé grafické bloky mohou reprezentovat vstupy a výstupy PLC, konstanty, jednoduché logické instrukce, převody mezi datovými typy, nebo i sofistikovanější programové celky. Bloky je možné mezi sebou propojovat datovou linkou, která reprezentuje přenos informace z výstupu jednoho bloku na vstup bloku druhého, přičemž vstupy programových bloků jsou vždy vlevo a výstupy vždy vpravo. Tento princip programování může velmi vzdáleně připomínat principy uplatňované v nástroji LabView. Jednou z klíčových vlastností Diriga je možnost vyexportovat po kompilaci programu vlastnosti signálů (vstupů, výstupů a konstant) do databáze ve formátu *Dbase VII*. Vizualizační aplikace Scribo umožňuje import tohoto souboru a následnou rekonstrukci signálů a jejich navázání na vizualizační komponenty.

3.6 Vizualizační nástroj Scribo

Scribo je vývojový nástroj pro tvorbu vizualizací na platformě P3, jeho hlavní výhodou je přímé propojení s Dirigem, ze kterého je schopno získávat definované parametry a proměnné. Vyčtené parametry je možno buď přímo zobrazovat pomocí *gridů*, či samostatných grafických objektů, nebo pomocí nich vytvářet podmínky pro sofistikovanější vizualizační celky. Požadované signály je také možné ukládat do databáze, s možností následného zobrazení uložených archivů v grafech. V neposlední řadě Scribo umožňuje omezení přístupů na základě rozdělení uživatelů do skupin a přidělení uživatelských práv. [6][7][8]

3.7 Vývojové prostředí MPLAB

MPLAB je vývojové prostředí pro mikroprocesory PIC firmy Microchip. Jedná se klasický přístup programování mikroprocesorů pomocí jazyka C, přestože je snaha provádět programování PLC P3 a jejich rozšiřujících komponent pomocí Diriga, ukázalo se, že požadavky na dotykový displej jsou velmi specifické, a proto bylo nutné provést implementaci dotykového rozhraní a jednotlivých obrazovek na úrovni firmware.

3.8 Topologie systému

Vstupy a výstupy technologie, v našem případě tepelného čerpadla, jsou přivedeny do PLC P3, které vyhodnocuje aktuální stav systému a podle nahraného programu provádí akční zásah. Stav systému a jeho parametry je možné pozorovat buď na dotykovém terminálu, nebo na vizualizaci na PC. Dotykový terminál je s PLC P3 propojen sériovou linkou RS485 a komunikuje pomocí protokolu DB-Net. Zobrazovaná data na dotykovém terminálu se pohybují od základních stavů signalizovaných grafickými ikonami, až po konkrétní hodnoty běžícího procesu. Vizualizace pro PC komunikuje s PLC P3 přes sériovou linkou RS485, nebo pomocí sítě Ethernet. Vizualizace zobrazuje aktuální data v *gridu* a stav systému je možné přehledně pozorovat na zjednodušeném grafickém modelu technologie. Technologii je možné nahradit hardwarovým simulátorem, který bude z hlediska regulátoru vytvářet iluzi skutečného tepelného čerpadla. V případě nahrazení tepelného čerpadla simulátorem, je simulátor připojen přímo na vstupy a výstupy regulátoru. (Příloha 2.)

4 Jednotlivé fáze realizace

Realizace vizualizace a dotykového panelu pro tepelné čerpadlo nebyla prováděna standardním způsobem od obecného návrhu. Důvodem byl fakt, že se jednalo o rozšíření dříve realizovaného regulačního systému dotykovým rozhraním a vizualizací na PC, podle požadavků zákazníka. Výchozím bodem se stala doposud fungující regulace, která jako uživatelské rozhraní používala dvouřádkový displej s šesti hardwarovými tlačítky. Vývoj dotykového displeje probíhal v několika cyklech, kde cílem každého cyklu bylo získat funkční prototyp a s každým dalším cyklem rozšířit jeho funkcionalitu. Vizualizace pro PC byla realizována jako jeden z posledních bodů, samotná regulace totiž v průběhu vývoje podléhala různým změnám, a v případě že by vizualizace byla realizována dříve, bylo by pravděpodobně nevyhnutelné několikrát ji přepracovat v souladu se změnami v softwaru regulátoru.

4.1 Výběr dotykového displeje

Přestože v poslední době podstatně přibýlo dotykových zařízení v nejrůznějších konfiguracích a velikostech, získat displej pro rozšiřující modul, který by odpovídal požadavkům hardwarovým a zároveň požadavkům na cenu finálního produktu není tak zcela banální záležitost.

Poté co byl vybrán vhodný dotykový displej, bylo po softwarové stránce nejdůležitější seznámit se se způsoby jakými je řešena implementace jednotlivých grafických prvků a dotykové zpětné vazby. Displej dorazil se základními grafickými knihovnami, se kterými bylo možné vytvářet elementární grafické objekty, a jednoduchou demo aplikací. Zároveň bylo nutné rozšířit firmware displeje o knihovny Diriga, aby bylo možné jej později programovat pomocí tohoto nástroje.

Bylo nutné také promyslet a vytvořit topologii jednotlivých částí hardware pro optimalizaci komunikace (master slave).

4.2 Implementace základního menu

Dalším krokem ve vývoji byla implementace základního menu pro dotykový displej. Cílem tohoto kroku bylo simulovat dvouřádkový displej používaný dříve pomocí displeje dotykového. Jde o první krok směrem k parametrizaci dotykového displeje, obecné požadavky na funkci dotykového displeje v této fázi nejsou dost konkrétní, aby mohly být implementovány parametrizační bloky pro Dirigo. Využívá se tedy parametrizační blok pro editaci menu dvouřádkového textového displeje, což s sebou přináší výhody jako je jednoduchost provedení a menší objem práce, ale zároveň i jistá omezení jako je pevný počet znaků v názvu menu a chybějící možnosti v parametrizaci, které bylo později potřeba různě obcházet.

Původní dvouřádkový displej zobrazoval vždy jednu položku menu, kde v horním řádku byl zobrazen název hodnoty a ve spodním aktuální hodnota. Pohyb v menu a editace probíhala pomocí šesti tlačítek. První z funkčních verzí dotykového displeje poměrně věrně kopírovala tento koncept. Bylo však jasné, že z uživatelského hlediska je očekáváno ovládání o trochu přátelštější. V dalším rozšíření tedy přibyla obrazovka s klávesnicí pro editaci hodnot. Vzhledem k větší velikosti displeje bylo rozšířeno množství zobrazovaných položek menu z jedné na dvě, s tím že vstup do menu nižší úrovně, či editace již nebyla prováděna tlačítkem enter, ale stisknutím příslušné položky menu na displeji. To umožnilo snížit počet ovládacích tlačítek z šesti na tři. Pro editaci logických hodnot 1/0 byla vytvořena výjimka tak, že není ručně přepisovat jejich hodnotu pomocí klávesnice, ale k přepnutí hodnoty dojde po stisknutí příslušné položky menu automaticky.

4.3 Pokročilé funkce dotykového displeje

Po implementaci zobrazení základního menu, navigace mezi úrovněmi a editaci hodnot, bylo možné začít pracovat na pokročilejších funkcích dotykového displeje, jejichž úkolem je ještě více zpřehlednit a uživatelsky zpříjemnit ovládání tepelného čerpadla přes dotykový terminál.

Pokročilé funkce jsou:

- Hlavní obrazovka
- Týdenní program
- Rozšíření funkcí menu

4.3.1 Hlavní obrazovka

Hlavní obrazovka slouží pro přehlednější orientaci uživatele. Jde o základní obrazovku, která pomocí tlačítek s grafickými symboly rozděluje regulační systém na několik základních logických celků:

- informace o systému
- týdenní program
- systémové nastavení
- nastavení data a času
- nastavení podsvícení displeje a zvuku
- chybová hlášení.
- Informace o verzi software

Cílem hlavní obrazovky je uživatelsky zjednodušit a zpřehlednit celý systém. Pro jeho vytvoření bylo potřeba upravit původní menu a vytvořit nultou úroveň, která není uživateli přístupná, s tím že každá položka menu nulté úrovně v sobě skrývá menu vyšších úrovní, na která odkazují tlačítka na hlavní obrazovce. Později byla hlavní obrazovka vybavena ještě oznamovací oblastí, poskytující základní informace o stavu systému, pomocí grafických symbolů.

4.3.2 Týdenní program

Týdenní program slouží pro přednastavení topného režimu v celém týdnu, kde je možné pro každý den nastavit až šest časů a pro každý čas definovat požadovanou teplotu. V původní aplikaci probíhalo nastavování týdenního programu skrze menu na dvouřádkovém displeji, což bylo z uživatelského hlediska velmi nepohodlné. Z tohoto důvodu byla pro dotykový displej vytvořena speciální obrazovka, která umožňuje zobrazit a editovat všech šest časů i teplot pro jeden den najednou. Velkou nepříjemnost při realizaci týdenního programu představovala nutnost kontroly, zdali jsou zadané informace korektní. Týdenní program nepodporuje prázdné bloky mezi jednotlivými časy, ani si nedokáže poradit v případě, že zadané časy nejdou postupně za sebou.

4.3.3 Rozšíření funkcí menu

Pro práci s parametry regulačního systému je nezbytné znát fyzikální rozměr zpracovávaných veličin, parametrizační blok menu však definici fyzikální veličiny neumožňuje, bylo tedy nezbytné obejít tento nedostatek jiným způsobem. Do menu je možné vložit text s délkou až 32 znaku, což v případě, kdy je potřeba zobrazit ještě aktuální hodnotu skýtá více než bohatou rezervu. Firmware byl tedy upraven tak, že symbol # zastává funkci identifikátoru fyzikální jednot-

ky v textovém poli menu, veškeré znaky za symbolem # jsou zobrazeny za aktuální hodnotou parametru a ne jako součást textu menu. Podobným způsobem byly zpracovány zástupné texty binárních hodnot. Z hlediska uživatele není příliš přívětivé rozlišování logických stavů pomocí hodnot 1/0 mnohem lepší je použít jazykové výrazy jako: ano/ne, zapnuto/vypnuto, chyba/v pořádku. Obdobně jako u fyzikálních jednotek byl použit symbol # pro identifikaci zástupného textu, avšak na rozdíl od jednotky, která obvykle nepřesáhne délku tří znaků, jsou zástupné texty mnohem delší. Z tohoto důvodu bylo nutné předdefinovat zástupné texty ve firmware, kde je ke každému z nich přiřazena numerická hodnota. Uvedením numerické hodnoty za symbolem # dojde k nahrazení binárního čísla 1/0 daným zástupným textem. Dále byla implementována možnost zablokovat přístup do některých podmenu pomocí hesla. Během několika prvních instalací tepelného čerpadla se totiž ukázalo, že někteří uživatelé jsou natolik zvědaví experimentátoři, schopni naprosto rozladit parametry regulátoru.

4.4 Implementace vizualizace a simulace:

Obecně lze říci, že vizualizace byla ve své konečné podobě realizována až na konci vývojového cyklu, aby se zamezilo nutnosti zbytečně ji několikrát přepracovávat. V době vývoje dotykového terminálu totiž stále probíhaly úpravy regulačních algoritmů. Vizualizace je realizována pomocí vizualizačního nástroje Scribo, který dokáže importovat databázi proměnných spolu s názvy a popisy konstant z vývojového nástroje Dirigo. Vizualizace byla realizována ve dvou fázích. V první fázi byla zobrazovaná data upořádaná do *gridu*, což je nejjednodušší a zároveň nejrychlejší způsob jak získat aktuální data z regulátoru a ukládat je v archívech s možností následného zobrazení průběhů v grafech. V druhé fázi byla vizualizace rozšířena o grafiku, symbolicky zobrazující architekturu topného systému. Tok kapaliny v trubkách je zobrazován pomocí animace grafických objektů, základní hodnoty teplot jednotlivých částí systému jsou zobrazovány v *editboxech*.

Jako poslední byla realizována simulace tepelného čerpadla. Vývoj regulace i vizualizace probíhal přímo na daném systému, nebylo tedy třeba simulaci použít. V rámci realizace této práce je simulace implementována aby bylo možné bez problému předvést běh celého systému i bez přítomnosti tepelného čerpadla.

5 Regulace

Samotná regulace tepelného čerpadla není hlavním tématem této práce, jelikož je však s vizualizací i simulací velmi úzce svázána, pravděpodobně je vhodné věnovat ji alespoň krátkou pozornost, pro objasnění základních principů. Obecně lze říci, že všechny regulační smyčky obsahují čtyři společné prvky: řízená veličina, řízený prvek, regulátor a senzor. [3] V našem konkrétním případě je řízená veličina teplota, a to obvykle buď stoupačky, nebo zpátečky, podle parametrizace regulátoru. Řízený prvek bývá ventil, který je buď dvoustavový, nebo proporcionální. Regulátor je realizován pomocí PLC P3, kde jsou implementovány základní části regulace:

- Ohřev teplé užitkové vody (TUV)
- Základní topný okruh
- Směšovací okruh
- Vyhřívání bazénu

Ohřev TUV je samostatný okruh, jehož účelem je udržovat konstantní teplotu zásobníku teplé užitkové vody. V případě, že teplota zásobníku klesne pod určitou hodnotu, je zapnuto tepelné čerpadlo, aby byla teplota TUV opět nahřata na požadovanou hodnotu. Základem regulace je základní topný okruh, který reguluje teplotu podle zpětné vazby ze stoupačky nebo zpátečky. Většina instalací tepelného čerpadla si vystačí pouze se základním topným okruhem a nahříváním TUV. Jako rozšíření je možné definovat směšovací okruh a vyhřívání bazénu. U směšovacího okruhu je teplota hlídána samostatně na základě teploty za směšovacím ventilem, nebo teploty v místnosti. Regulátor počítá s použitím impulzně řízeného směšovacího ventilu, bez detekce krajních poloh. Teplota směšovacího okruhu je poté regulována otevíráním a zavíráním směšovacího ventilu. Vyhřívání bazénu, je kruh s nižší prioritou a v praxi se mnoho nepoužívá. Nahřátí bazénu je z energetického hlediska celkem náročné a vzhledem k omezenému výkonu tepelného čerpadla je tak bazén nahříván až v případě, že není třeba topit někde jinde.

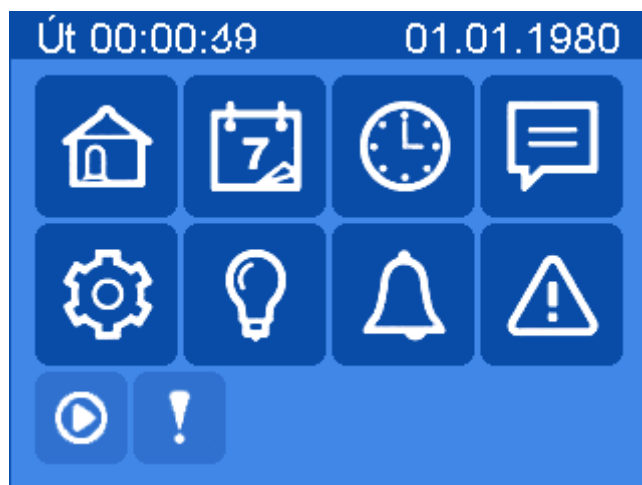
Určitě je dobré poznamenat, že všechny dříve zmíněné regulační okruhy jsou založeny na dvoustavové regulaci, není tak možné dosáhnout ustálené regulační odchylky. Dále je kladen požadavek, aby tepelné čerpadlo běželo po zapnutí nejméně deset minut, tento fakt se projevil hlavně v rychlosti simulace tepelného čerpadla, kterou bylo nutné náležitě zpomalit, aby soustava nebyla neustále přetopená.

6 Dotykový terminál

Regulátor je automaticky po nahrání programu parametrizován na defaultní hodnoty, tuto parametrizaci je možné změnit buď pomocí dotykového terminálu, nebo vizualizace na PC. Vizualizace je ovšem doplněk, který si uživatel musí zakoupit zvlášť. Pokud tak neučiní, je nutné, aby bylo možné veškeré parametry regulátoru nastavit skrze dotykový terminál. Proto je vhodné, aby dotykový terminál byl přehledný, uživatelsky příjemný a spolehlivý. Za tímto účelem byla do terminálu implementována hlavní obrazovka a obrazovka pro nastavení týdenního programu, kontrola správnosti zadávaných údajů a případné grafické a zvukové upozornění uživatele, že zadaný údaj má být opraven. [5]

6.1 Ovládání dotykového terminálu

Hlavní obrazovka (Obr. 5) slouží jako rozcestník pro navigaci uživatele a také jako indikátor základních stavů běhu systému. V záhlaví okna je vidět den, čas a datum. *Hlavní obrazovka* obsahuje dvě řady *tlačítek* a jeden řádek *stavových ikon*, kde *tlačítka* jsou v tmavě modré barvě a *stavové ikony* ve světle modré. Tepelné čerpadlo může nabývat až šesti stavů zároveň, proto je možné zobrazit až šest *stavových ikon*. *Tlačítka* reagují na dotyk uživatele, *stavové ikony* na dotyk nereagují. Zobrazování a skrývání *stavových ikon* závisí na datech přenášovaných z regulátoru. [5]



Obr. 5: Hlavní menu [5]

Význam jednotlivých tlačítek:



Domeček – Slouží pro Přepnutí obrazovky na **Informace o systému**



Kalendář - Přepnutí obrazovky na **Týdenní program**



Hodiny - Přepnutí obrazovky na **Nastavení data a času**



Textový dialog - Přepnutí obrazovky na informace **O přístroji**



Ozubené kolo - Přepnutí obrazovky na **Nastavení systému**



Žárovka - Přepnutí obrazovky na **Nastavení obrazovky**



Zvonek - Přepnutí obrazovky na **Nastavení zvuku**



Vykřičník - Přepnutí obrazovky na **Poruchová hlášení**




Význam jednotlivých stavových ikon:

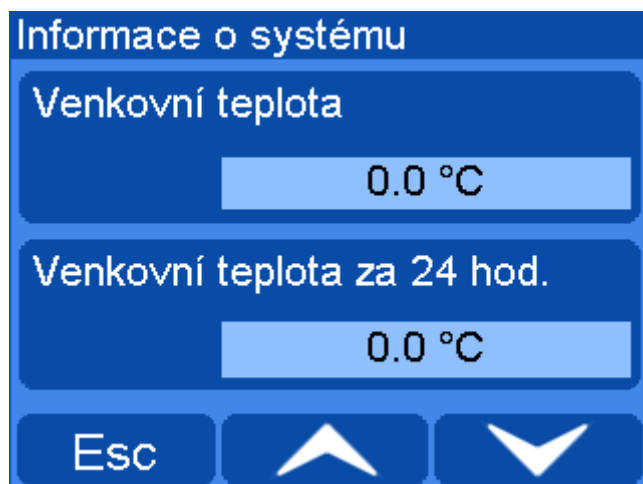


Kompresor - Indikace běžícího kompresoru

	Topení - Indikace topení
	Chlazení - Indikace chlazení
	Odmrazování - Indikace odmrazování
	Radiátor - Indikace topení / chlazení domu
	TUV - Indikace nahřívání TUV
	Bazén - Indikace nahřívání bazénu
	Čerpadlo - Indikace běžícího čerpadla
	HDO - Indikace HDO
	Blesk - Indikace použití pomocného topení
	Měsíc - Indikace nočního režimu
	Chyba - Indikace chyby

6.1.1 Informace o systému

Obrazovka informace o systému (Obr. 6), na kterou přejdeme stiskem tlačítka *domeček*, poskytuje základní informace o aktuálním stavu regulátoru tepelného čerpadla. Tyto hodnoty nejsou editovatelné. Navigaci v menu s hodnotami je možné provést pomocí *šipek nahoru a dolů* ( ) návrat na *hlavní obrazovku* je možný stiskem tlačítka *escape* (). [5]



Obr. 6: Informace o systému [5]

6.1.2 Přehled systému

Stisknutím tlačítka *domeček* je možné parametricky nastavit tak, aby po stisknutí místo defaultní *Obrazovky Informace o systému* zobrazilo obrazovku *Přehled systému* (Obr. 7). Tato obrazovka rovněž poskytuje základní informace o aktuálním stavu regulátoru, na rozdíl od obrazovky *Informace o systému* zobrazuje místo dvou šest hodnot najednou, avšak není možné se mezi nimi jakkoliv pohybovat. Obrazovka *Přehled systému* byla vytvořena pro instalaci dotykového terminálu do jiného systému a v dotykovém panelu tepelného čerpadla se nepoužívá. Návrat na *hlavní obrazovku* je možný stiskem tlačítka *escape* (**Esc**). [5]

Přehled Systému	
Venkovní teplota	6.2 °C
Venkovní teplota za	6.2 °C
Venkovní teplota za	6.2 °C
Prostorová teplota	0.0 °C
Teplota teplé vody	6.2 °C
Teplota topného sys.	6.2 °C
Esc	

Obr. 7 Přehled systému [5]

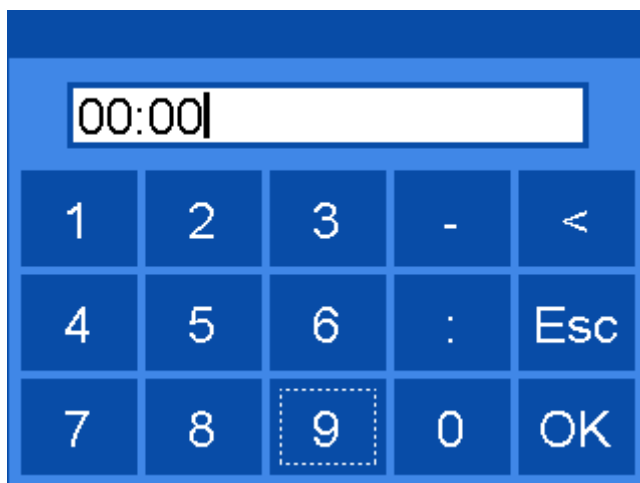
6.1.3 Týdenní program

Stisknutím tlačítka *kalendář*, vstoupíme na obrazovku pro editaci týdenního programu (Obr. 8), který slouží pro nastavení teplot regulátoru v závislosti na čase pro jednotlivé dny v týdnu. Je možné, že krátce po vstupu na tuto obrazovku budou všechna pole šedá, tento stav většinou trvá jen několik málo sekund, dokud se nevyčtou všechny hodnoty z regulátoru. V případě, že pole zůstanou šedá, je možné, že regulátor není připojen, komunikace selhala, nebo týdenní program není dostupný. [5]

Týdenní Program		
Pondělí	Čas	Teplota
Úterý	06:00	22.0 °C
Středa	22:00	22.0 °C
Čtvrtek	23:00	22.0 °C
Pátek	00:00	22.0 °C
Sobota	00:00	22.0 °C
Neděle	00:00	22.0 °C
Esc		

Obr. 8: Týdenní program [5]

Práce s týdenním programem probíhá následovně, požadovaný den v týdnu zvolíme kliknutím na pole v levé části obrazovky. Zvolený den je zvýrazněn tmavě modrou barvou. V pravé části obrazovky je možné vidět šest bodů týdenního programu pro daný den. Bíle označené hodnoty jsou aktivní, modře označené hodnoty nikoliv. Kliknutím na dané pole se zobrazí *klávesnice* pro změnu hodnoty, viz (Obr. 9). [5]




Obr. 9: Klávesnice pro týdenní program [5]

Vstup z *klávesnice* je omezen maximem a minimem, v případě že zadaná hodnota přesahuje některou z těchto mezí, ozve se dlouhý tón a hodnota na displeji je změněna na maximum nebo minimum, které bylo překročeno. Při zadávání času je rozpoznáváno několik tvarů zápisu, v případě zadání hodnoty v jiném tvaru se ozve dlouhý tón a hodnota se změní na 00:00. Maximální rozlišení při zadávání času jsou desítky minut. [5]

Platné vstupy jsou:

1	=	1:00
11	=	11:00
11:1	=	11:10
11:11	=	11:10

Při zadávání teploty je hlídáno pouze maximum a minimum dané hodnoty, dále pak správný formát zadávaného čísla, aby například neobsahovalo více než jednu desetinnou tečku.

Editace týdenního programu se řídí následujícími pravidly: Mezi aktivními body nesmí být neaktivní bod (Obr. 10); Časy jdou postupně odshora dolů. Není možné zadat dřívější čas za pozdější čas. (Obr. 11). V případě, že dojde k porušení některého z výše uvedených pravidel, budou v týdenním programu pole s chybnými hodnotami označena červeně. Nedojde-li k opravě nesprávných hodnot, týdenní program nemůže být uložen. V případě pokusu o uložení dat se ozve se dlouhý tón, indikující chybu a editovaný obsah se vrátí do původního stavu. K uložení změn v týdenním programu dochází při stisknutí tlačítka *escape* (), nebo při výběru jiného dne v týdenním programu. [5]




Týdenní Program		
Pondělí	Čas	Teplota
Úterý	06:00	22.0 °C
Středa	22:00	22.0 °C
Čtvrtek	23:00	22.0 °C
Pátek	00:00	22.0 °C
Sobota	23:50	22.0 °C
Neděle	00:00	22.0 °C
Esc	00:00	22.0 °C

Obr. 10: Chyba - Neaktivní bod mezi aktivními [5]

Týdenní Program		
Pondělí	Čas	Teplota
Úterý	06:00	22.0 °C
Středa	05:00	22.0 °C
Čtvrtek	23:00	22.0 °C
Pátek	00:00	22.0 °C
Sobota	00:00	22.0 °C
Neděle	00:00	22.0 °C
Esc	00:00	22.0 °C

Obr. 11: Chyba - špatná posloupnost časů [5]

6.1.4 Nastavení data a času

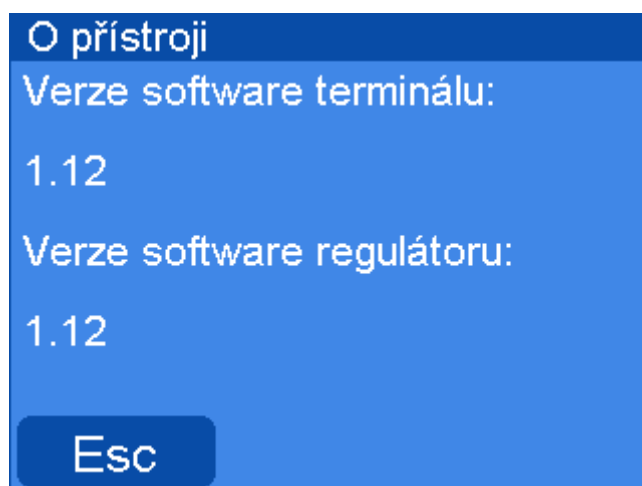
Stisknutím tlačítka *hodiny* vstoupíme na obrazovku pro *nastavení data a času* (Obr. 12). Pro změnu hodnoty je třeba kliknutím označit dané pole. Označené pole změní barvu na tmavě modrou. Editace poté probíhá šipkami *nahoru a dolů* ( ). Změna v nastavení data a času je uložena po stisknutí tlačítka *escape* (). [5]



Obr. 12: Nastavení data a času [5]




6.1.5 Informace o přístroji

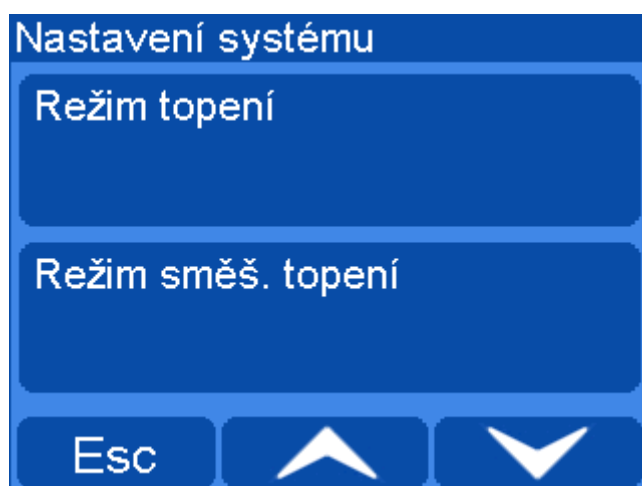
Stisknutím tlačítka *textový dialog* vstoupíme na obrazovku *O přístroji*, která poskytuje informace ohledně verze software v terminálu a v regulátoru. Je dobré poznamenat, že verze software v těchto dvou zařízeních nemusí být identický, jako v případě ilustrovaném na (Obr. 13) [5]



Obr. 13: O přístroji [5]

6.1.6 Nastavení Systému

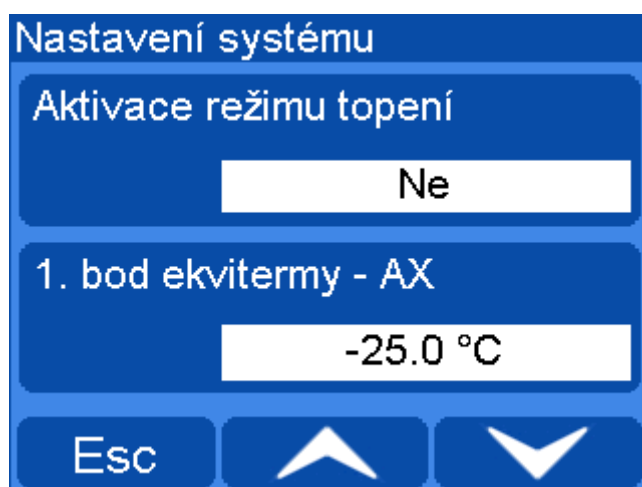
Stisknutím tlačítka *Ozubené kolo*, vstoupíme na obrazovku nastavení systému, která umožňuje přístup k parametrům regulátoru. Navigaci v menu s hodnotami je možné stejně jako na obrazovce informace o systému, provést pomocí šipek *nahoru a dolů* ( ) návrat na *hlavní obrazovku* je možný stiskem tlačítka *escape* (). [5] Menu nastavení systému obsahuje tři základní typy položek, viz (Tab. 2).



Obr. 14: Nastavení systému: podmenu [5]

Podmenu	Kolonky neobsahující žádné hodnoty. Po kliknutí přechod do podmenu. (Obr.9)
Logické stavy	Přepínání mezi stavy ANO/NE. Po kliknutí dojde ke změně (Obr.10 - položka nahoře)
Regulační parametry	Po kliknutí je zobrazena klávesnice pro editaci (Obr.10 - položka dole)

Tab. 2 základní typy položek



Obr. 15: Nastavení systému: hodnoty [5]

POZN.: Editovatelné položky v menu jsou označeny bíle, needitovatelné položky jsou označeny světle modře. [5]

1. bod ekvitemy - AX

-25.0

1	2	3	-	<
4	5	6	.	Esc
7	8	9	0	OK

Obr. 16: Nastavení systému: klávesnice [5]

Regulační parametry mohou být omezeny maximem a minimem, v případě že zadaná hodnota přesahuje některou z těchto mezí, ozve se dlouhý tón a hodnota na displeji je změněna na maximum nebo minimum, které bylo překročeno. Logické stavy v nastavení systému jsou ukládány hned po změně. Parametry jsou ukládány po stisknutí tlačítka *OK*. [5]

6.1.7 Nastavení obrazovky

Stisknutím tlačítka *žárovka*, vstoupíme do Nastavení obrazovky, která umožňuje změnit dobu, po kterou obrazovka zůstane rozsvícená. Editace probíhá pomocí *klávesnice*, stejně jako v *nastavení systému* viz (Obr. 17). Nastavitelné rozmezí je 0 – 600 sekund, přičemž mezní hodnoty 0 a 600 znamenají stále svítící obrazovku. Hodnota je uložena okamžitě po změně. [5]

Nastavení Obrazovky

Podsvícení

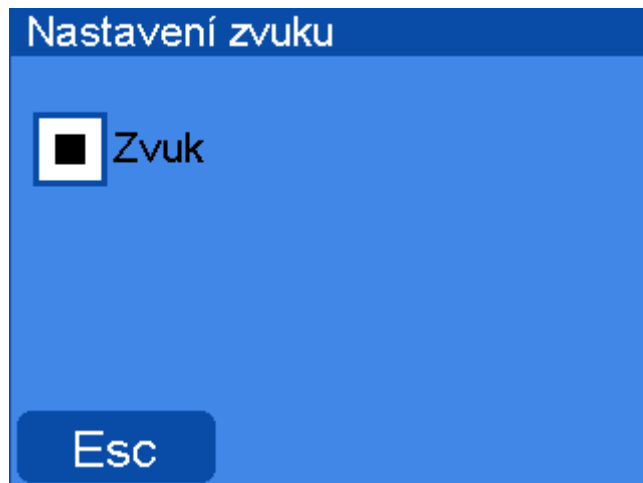
vždy

Esc

Obr. 17: Nastavení obrazovky [5]




6.1.8 Nastavení zvuku

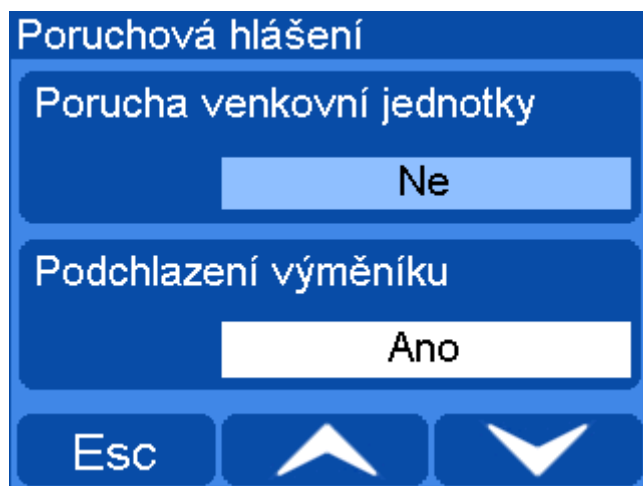
Stisknutím tlačítka *zvonek*, vstoupíme na obrazovku *nastavení zvuku*, která umožňuje zapnout a vypnout zvuky vydávané terminálem. Stisknutím *Checkboxu* zvuk je hodnota změněna z vypnuto na zapnuto a naopak. Hodnota je uložena okamžitě po změně. [5]



Obr. 18: Nastavení zvuku [5]

6.1.9 Poruchová hlášení

Stisknutím tlačítka *vykřičník*, vstoupíme na obrazovku *poruchová hlášení*, která informuje o stavu poruch v systému a umožňuje kvitaci poruchy. Na Obr. 19 je vidět kvitovatelnou poruchu Podchlazení výměníku. Kvitaci provedeme kliknutím na pole, pokud se stav poruchy změní z Ano na Ne, byla porucha úspěšně kvitována. Navigaci v menu s hodnotami je možné stejně jako na obrazovce informace o systému, provést pomocí *šipek nahoru a dolů* ( ) návrat na *hlavní obrazovku* je možný stiskem tlačítka *escape* (). [5]



Obr. 19: Poruchová hlášení [5]

6.2 Implementace dotykového terminálu

Grafické rozhraní dotykového terminálu je implementováno na úrovni firmware v jazyce C pro mikroprocesory Microchip. Jelikož jazyk C není objektově orientovaný, rád bych zde poznám, že výrazem grafický objekt, který se v textu bude objevovat, jsou obvykle míněny strukturované datové typy, popřípadě i funkce, pomocí nichž jsou zobrazovány jednotlivé grafické prvky na displeji. Přestože práce s těmito grafickými prvky je poměrně specifická, je možné u nich pracovat s vlastnostmi i událostmi, které se blíží objektově orientovanému jazyku.

6.2.1 Topologie terminálu

Dotykový terminál je po softwarové stránce možné chápat jako dva celky. Jedním je Program nahráný Dirigem, který běží jako interpret, druhým je firmware, který jednak osahuje implementaci jednotlivých programových bloků pro Dirigo a jednak provádí vykreslování grafických obrazovek. Je zcela zřejmé, že tyto dvě části jsou neoddělitelně spojeny a jedna bez druhé nemůže fungovat, cílem této kapitoly je právě popis spojení firmwaru a aplikace Diriga, než budeme věnovat pozornost každé z těchto částí odděleně. (Příloha 3.)

Aplikace v Dirigu je uživatelský program, který v našem konkrétním případě obsahuje parametrizaci uživatelského menu a přenáší data z regulátoru do displeje a naopak. Při „kompilaci“ programu Dirigem, je vytvořena tabulka s posloupností spouštěných funkcí, nikoliv instrukce pro procesor. Firmware umožňuje Dirigu nahrát tuto tabulku do PLC a při běhu programu podle ní cyklicky spouští jednotlivé funkce, jejichž kompilaci obsahuje. Předávání dat mezi jednotlivými funkcemi je obvykle provedeno propojením vstupů a výstupů jednotlivých grafických bloků. Jelikož však firmware dotykového terminálu slouží zároveň k realizaci menu a mnoha dalších funkcí spojených s dotykovým ovládáním, které nemají ekvivalentní programové bloky v Dirigu, bylo nutné použít jiný způsob propojení mezi daty Diriga a Firmware. Dirigo přiřazuje téměř každému výstupu jakékoli funkce konkrétní blok v paměti PLC, za normálních okolností se adresa paměti výstupního bloku může změnit při každé kompilaci programu, avšak Dirigo umožňuje přiřadit jednotlivým výstupům pevnou adresu. Využijeme-li tuto vlastnost, je možné se ve firmware odkázat na konkrétní blok paměti a vyčíst z něj aktuální data.

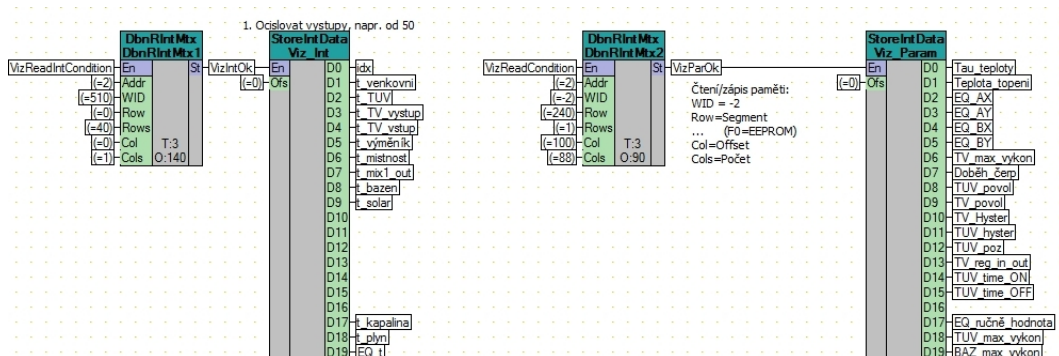
6.2.2 Aplikace v Dirigu

Aplikace v Dirigu je velmi jednoduchá a plní pouze dvě základní funkce, parametrizaci uživatelského menu a přenos dat mezi regulátorem a terminálem. Přenos dat může probíhat buď jako čtení nebo zápis, a to v rámci jedné proměnné, nebo celé matice proměnných stejného datového typu. Obecně je upřednostňován přenos většího množství dat pomocí menšího počtu zpráv.

Paměťový prostor PLC je rozdělen do dvou částí, je zde paměť *RAM*, ve které se nachází hodnoty proměnných právě běžících bloků a paměť *EEPROM*, do které se ukládají konstanty a parametry programu, které mají zůstat zachovány i při ztrátě napájecího napětí. Proměnné z paměti *RAM* a parametry z paměti *EEPROM* je možné přenášet komunikačními bloky, konstanty přenášet nelze. Jako parametry komunikačních bloků se nastavují:

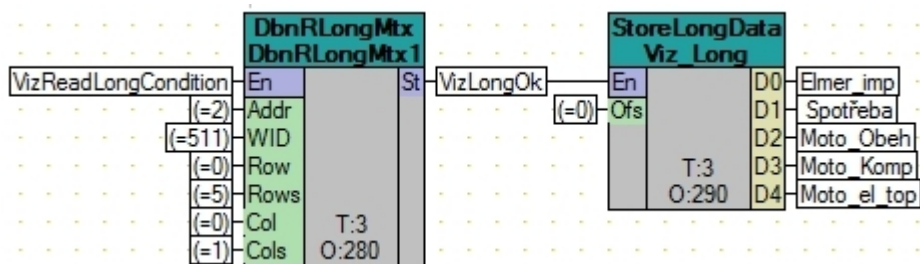
- Addr - Adresa cílové stanice, v této aplikaci standardně 2
- WID - 511 parametr ROM
- -2 parametr EEPROM
- -1 datum a čas
- Row - první řádek

- Rows - počet řádků ke čtení či zápisu
- Col - první sloupec
- Cols - počet sloupců ke čtení či zápisu

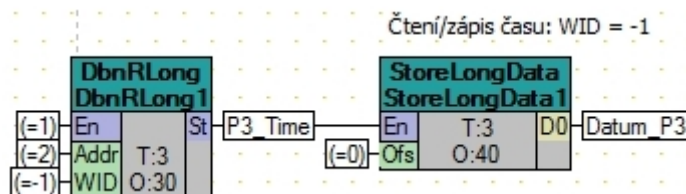


Obr. 20 Čtení parametrů z ROM a EEPROM

Z výše uvedeného vyplývá nutnost použít dvě zprávy na vyčítání parametrů a konstant. Na (Obr. 20) vidíme bloky pro čtení dat z paměti ROM (vlevo) a EEPROM (vpravo). Čtení dat je realizováno dvěma programovými bloky, blok *DbnRIntMtx* čte data z řídicího PLC a blok *StoreIntData* je ukládá v paměti Dotykového terminálu. Z paměti ROM je vyčítáno 38 hodnot typu *Int* a z paměti EEPROM hodnot 86. Jak již bylo zmíněno dříve, je jednou zprávou možné přenášet pouze hodnoty stejného datového typu. Jelikož regulátor nepracuje pouze s hodnotami typu *Int*, ale také s hodnotami typu *Long*, je nutné tyto hodnoty vyčítat zvlášť. Bloky pro čtení hodnot typu *Long* je vidět na (Obr. 21). Výjimkou při vyčítání hodnot je čtení data a času, jde sice o hodnotu typu *Long*, je ovšem uložena jinde, než parametry programu a proto je třeba vyčítat ji zvlášť. (Obr. 22)



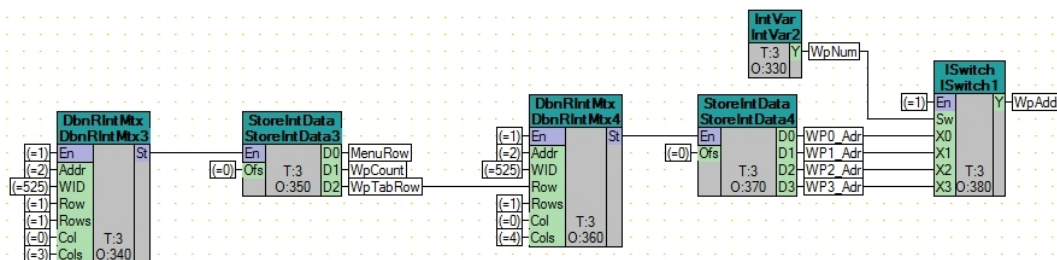
Obr. 21 Čtení datového typu Long z paměti ROM



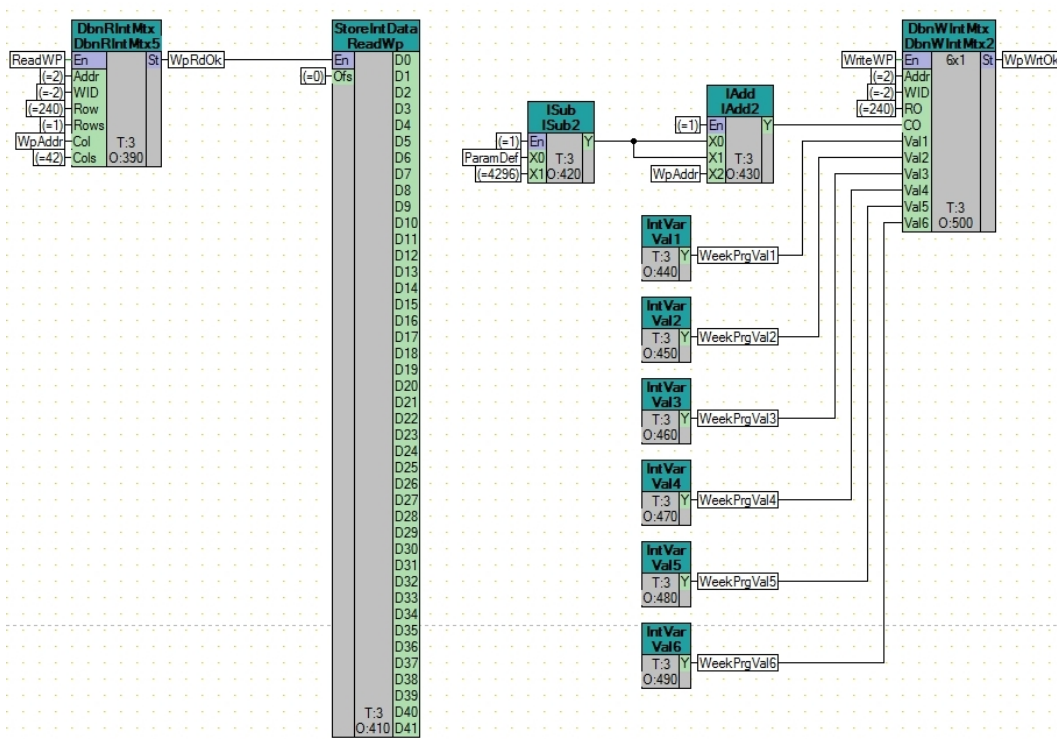
Obr. 22 Čtení času

Další zpráva je použita na vyčtení všech hodnot týdenního programu, přičemž čtení týdenního programu se provádí pouze v případě, přeje-li si jej uživatel zobrazit (Obr. 24 vlevo). Pro vyčtení týdenního programu je však nejprve nutné znát adresu, kterou začínají jeho data,

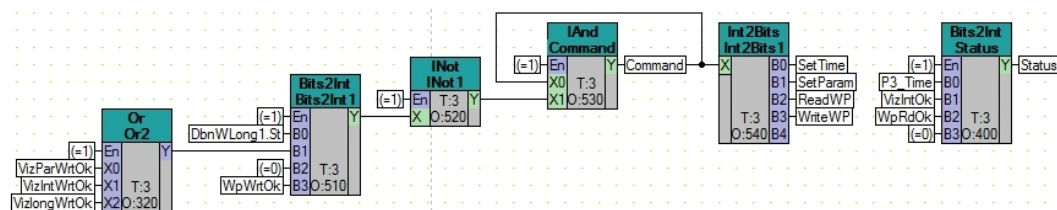
k získání adresy jsou použity další dvě zprávy, kde první čte řádek, na které adresy začínají a druhá z tohoto řádku získává až čtyři adresy týdenního programu. (Obr. 23)



Obr. 23 Týdenní program - čtení Adresy



Obr. 24 Týdenní program - čtení a zápis

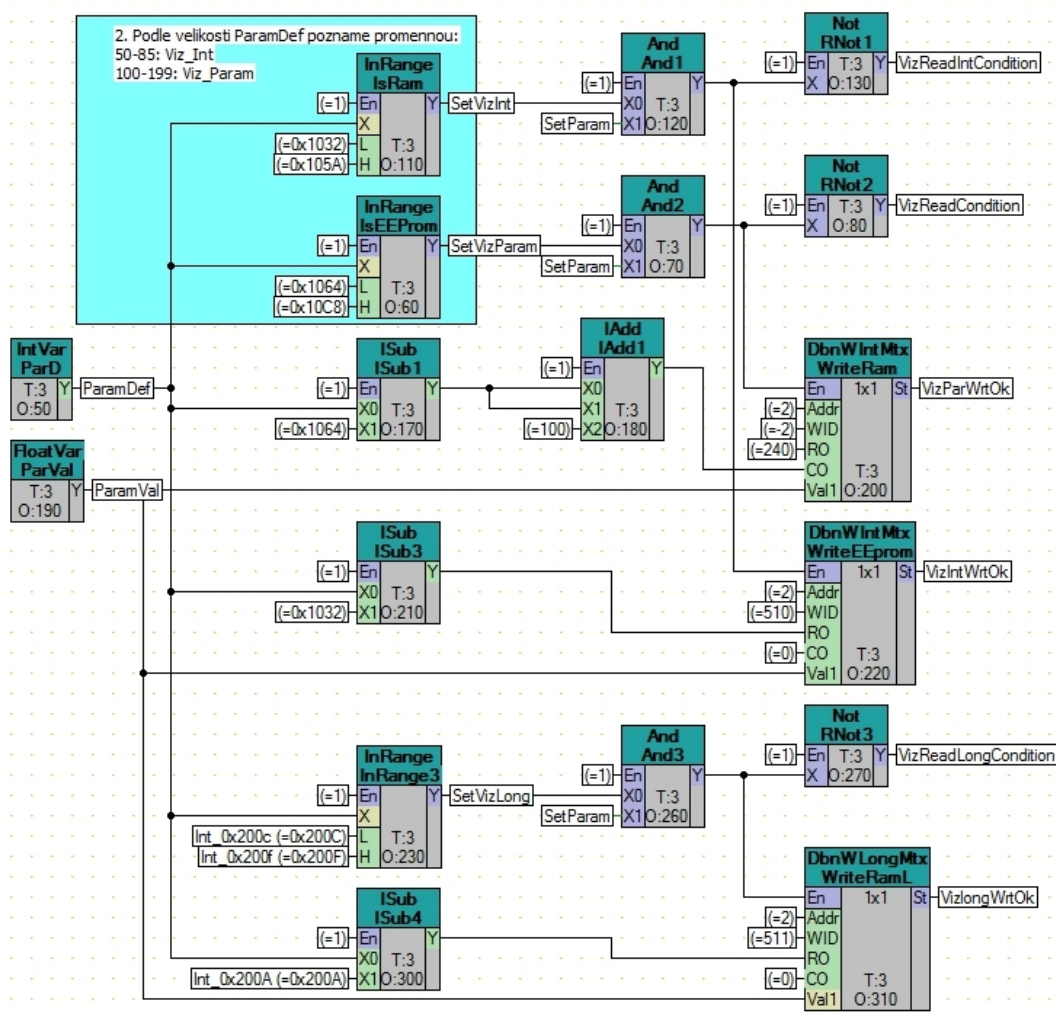


Obr. 25 Příkazy command

Zatímco čtení dat je až na vyčítání hodnot týdenního programu asynchronní proces, zápis je vždy proces synchronní a je podmíněn logickou jedničkou v bitech proměnné *Command*, Jestliže zápis proběhl úspěšně, jsou příslušné bity shozeny zpět do nuly.

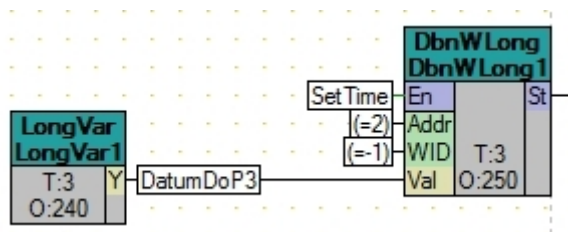
Command:

- SetTime – zápis času
- SetParam – zápis proměnných a parametrů
- ReadWP – čtení týdenního programu
- WriteWP – zápis týdenního programu

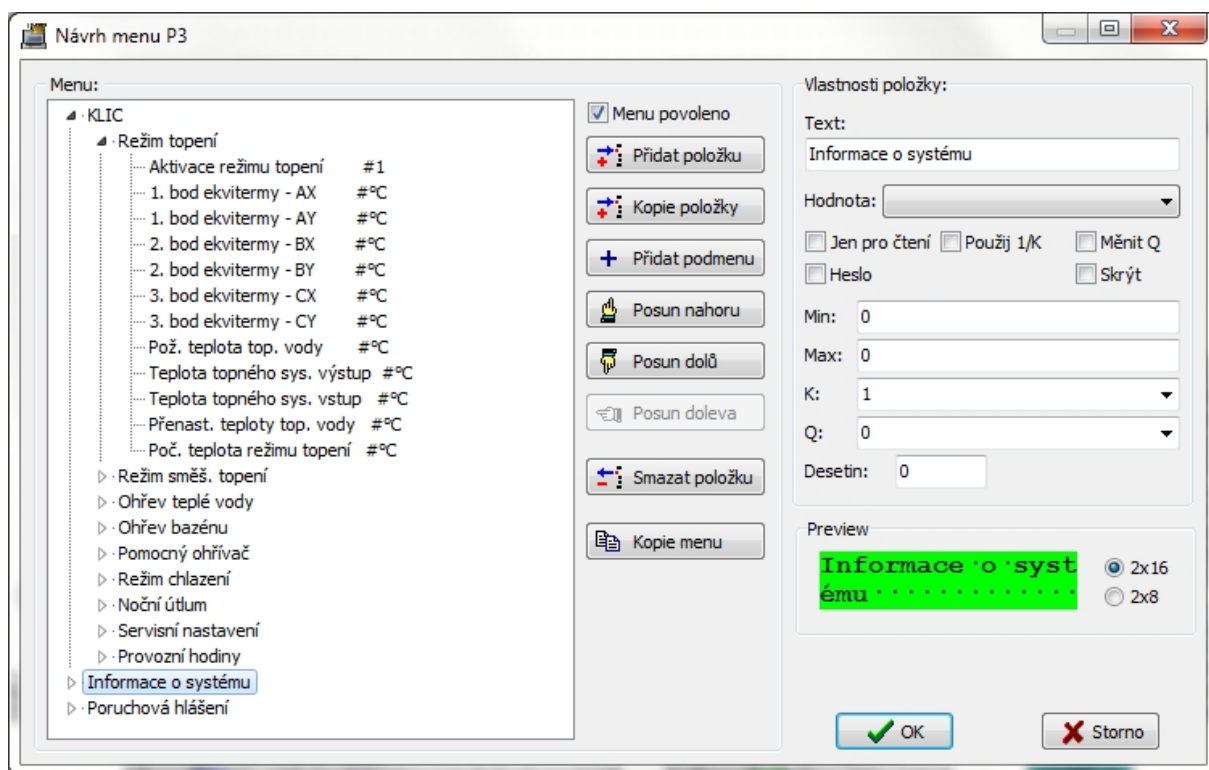


Obr. 26 Zápis proměnných a parametrů

Množství zapisovaných dat je omezeno tím, kolik hodnot je uživatel schopen najednou editovat. U proměnných a parametrů je možné editovat vždy jen jednu hodnotu, zdali jde o proměnnou, nebo parametr se zjišťuje na základě indexu paměti, ve které je hodnota uložena. Indexy 50 až 99 jsou nastaveny jako proměnné, zatímco indexy 100-255 jako parametry (Obr. 26). U týdenního programu je najednou zapisováno šest hodnot, buď se tedy zapisují časy, nebo teploty (Obr. 24 vpravo). Zápis data a času je opět nutné provést zvlášť (Obr. 27).



Obr. 27 Zápis data a času



Obr. 28: Parametrizace menu

Parametrizace menu probíhá skrze blok *P3Menu* (Obr. 29), Po rozkliknutí jeho konfigurace (Ctrl + E) se otevře okno pro editaci položek menu (Obr. 28). V levé části je stromová struktura menu, vedle se nacházejí tlačítka pro práci s jednotlivými položkami. Změnou parametrů ve vlastnostech *položka* je možné upravit chování menu. Kolonka *preview* zobrazuje náhled, avšak pouze pro dvouřádkový textový displej, pro který byl tento blok původně vyvinut.

Editaci menu je možné provést pomocí tlačítek na pravé straně kolonky *Menu*. Tlačítko *přidat položku* přidá novou položku na konec aktuální úrovně. Tlačítko *kopie položky* vytvoří duplikát označené položky na konci aktuální úrovně. Tlačítko *přidat podmenu* vytvoří novou položku o jednu úroveň níž, než je aktuální úroveň označené položky. Tlačítko *posun nahoru* posune označenou položku o jedno místo nahoru, nápodobně tlačítko *posun dolů* posune označenou položku a jedno místo dolů. Tlačítko *posun doleva*, vyzdvihne položku podmenu o jednu úroveň výš. Tlačítko *smazat položku* smaže označenou položku. Tlačítko *kopie menu* zkopíruje celé menu do mezipaměti tak, aby jej bylo možné vložit do tabulkového editoru.

Každá položka menu je charakterizována souborem vlastností, které definují její chování. Vlastnosti položky menu jsou zobrazeny v kolonce *Vlastnosti položky*, na pravé straně okna. Textové pole *Text* udává, jaký text bude v menu zobrazován. Listbox *Hodnota* definuje parametr, je-

hož hodnota bude skrze danou položku menu zobrazována, popřípadě editována. Zaškrtnutím políčka *Jen pro čtení* dojde k zakázání editace hodnoty dané položky menu. Při zaškrtnutí políčka *Použij 1/K* bude zobrazovaná hodnota vydělena parametrem *K*, jinak bude parametrem *K* násobena. Políčka *měnit Q* a *Skrýt* nejsou v grafickém displeji implementovány, proto se po jejich zaškrtnutí nic zásadního nestane. Zaškrtnutím políčka *Heslo*, bude pro vstup do podmenu dané položky menu vyžadováno heslo, které odpovídá parametru *Hodnota*. Parametry *Min* a *Max* definují maximum a minimum editovatelné hodnoty, v případě, že je alespoň jeden z těchto parametrů nenulový, není možné z klávesnice terminálu zadat hodnotu mimo jejich rozsah. Parametry *K* a *Q* slouží k převodu hodnoty na fyzikální veličinu, nebo pro uživatele lépe srozumitelný tvar. Zobrazené číslo na displeji odpovídá rovnici: Výsledek = (Hodnota * K) + Q. Parametr *Desetin* určuje počet zobrazovaných desetinných míst, regulátor totiž obvykle pracuje s celočíselnými datovými typy a případná desetinná čárka je přidána až při vykreslování na displeji.

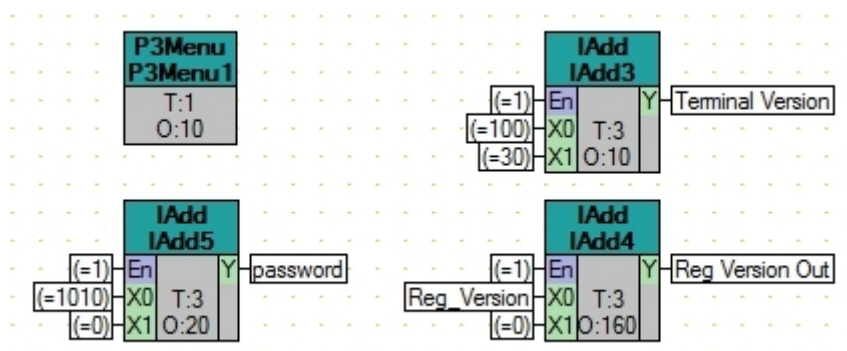
Tlačítka pro práci s položkami:

- Přidat položku – přidá položku na konec dané úrovně v menu
- Kopie položky – zkopíruje označenou položku
- Přidat podmenu – přidá novou položku o úroveň níž
- Posun nahoru – posune označenou položku o jedno místo nahoru
- Posun dolů – posune označenou položku o jedno místo dolů
- Posun doleva – posune položku z podmenu o úroveň výš
- Smazat položku – smaže označenou položku
- Kopie menu – zkopíruje menu pro export do tabulkového editoru

Vlastnosti položky:

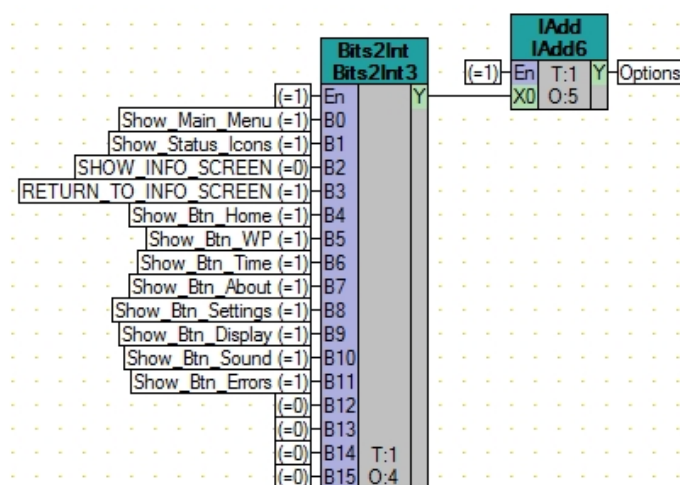
- Text – zobrazovaný text v menu
- Hodnota – parametr, jehož hodnota má být zobrazována
- Jen pro čtení – zakáže editaci hodnoty
- Použij 1/K – Hodnota je zobrazována po vydělení parametrem K
- Měnit Q – není implementováno
- Heslo – Pro vstup do podmenu je nutné zadat heslo, kterým je parametr Hodnota
- Skrýt – není implementováno
- Min – Minimální nastavitelná Hodnota
- Max – Maximální nastavitelná Hodnota
- K – Zobrazované číslo je rovno (Hodnota * K) + Q
- Q – Zobrazované číslo je rovno (Hodnota * K) + Q
- Desetin – Počet zobrazovaných desetinných míst

Nastavení vlastností položek v Dirigu provede uložení jejich hodnot do paměti dotykového terminálu. Implementace programu ve firmware následně určuje, jakým způsobem budou tyto parametry obslouženy.



Obr. 29 Blok P3Menu

Parametr *password* na (Obr. 29) definuje heslo pro vstup do servisního menu. Heslo není možné měnit za běhu programu. Parametry *Terminal Version* a *Reg Version* určují verzi software v terminálu a regulátoru, která se zobrazí na obrazovce o přístroji dotykového terminálu.



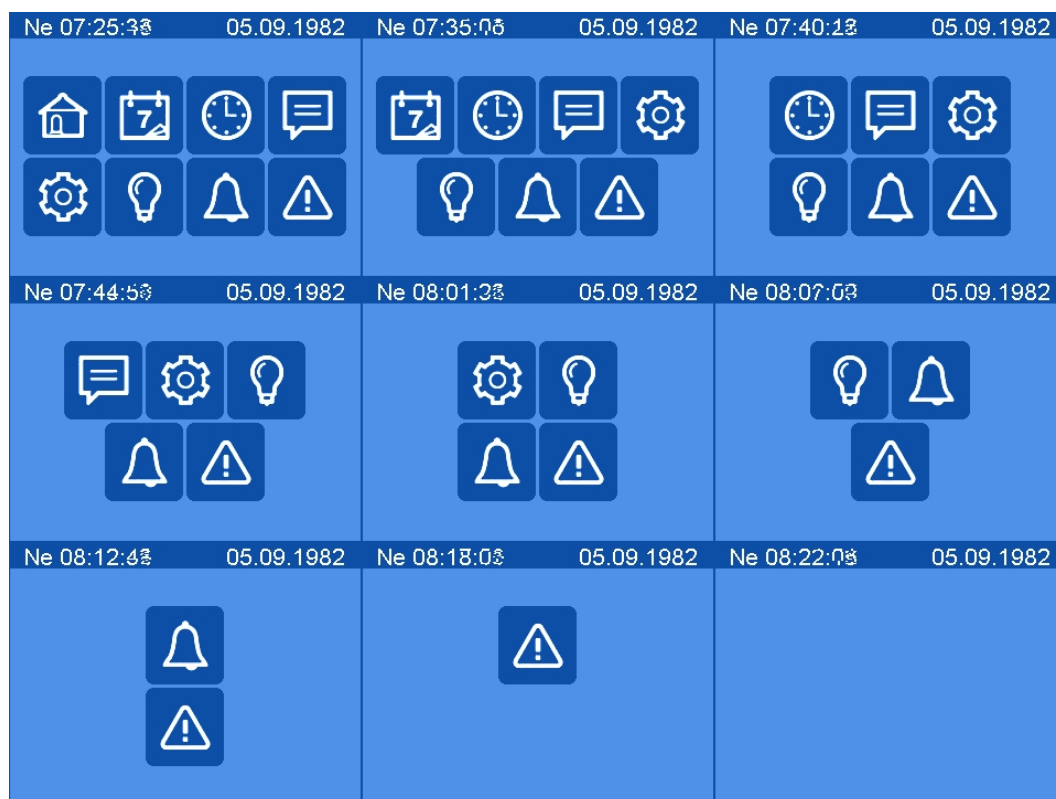
Obr. 30 Parametrizace hlavní obrazovky

Na (Obr. 30) vidíme bloky sloužící pro parametrizaci hlavní obrazovky, změnou jednotlivých bitů je možné skrývat jednotlivá tlačítka, stavové ikony, nebo zakázat zobrazení hlavní obrazovky. Tato funkce je určena pro vývojáře, nikoliv pro uživatele.

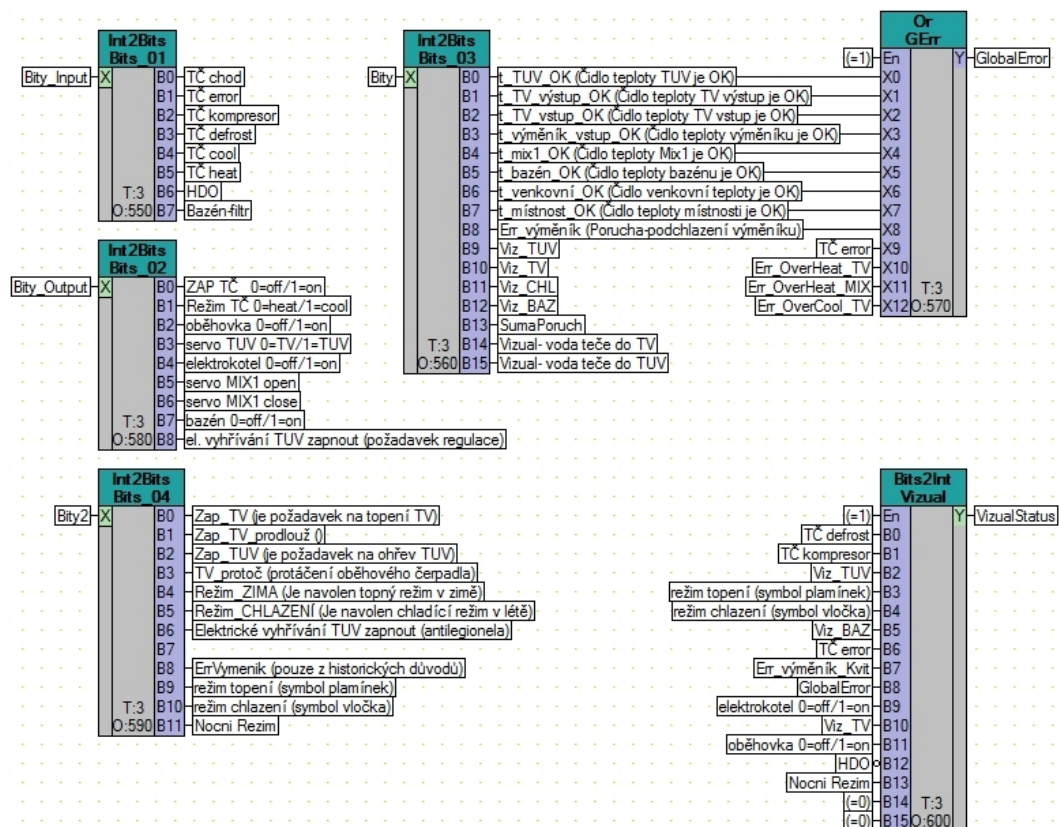
Z (Obr. 31) je patrné, jak jsou skrývány jednotlivá tlačítka. Obrazovka v levém horním rohu zobrazuje všechna tlačítka, skryty jsou pouze stavové ikony. Obrazovka vpravo dole ukazuje nepříliš praktický příklad toho, že je možné skrýt všechna tlačítka. Je však lepší přímo zakázat celou hlavní obrazovku, ke změně totiž dochází vždy při překreslení obrazovky vyvolané uživatelem, kterou ovšem bez tlačítek není možné vyvolat a je nutné terminál restartovat. Při skrývání jednotlivých tlačítek vždy dojde k přeuspořádání a vycentrování prvků na obrazovce. Funkce jednotlivých bitů jsou vypsány v (Tab. 3).

Show_Main_Menu	Zobraz hlavní obrazovku
Show_Status_Icons	Zobraz Stavové ikony
Show_Info_Screen	Zobraz obrazovku s informacemi po stisku tlačítka domů
Return_To_Info_Screen	Pokud je povolena obrazovka s informacemi vrát se na ni po vypršení timeout, pokud není povolena obrazovka s informacemi, vracej se na hlavní obrazovku
Show_Btn_Home	Zobraz tlačítko domů
Show_Btn_Time	Zobraz tlačítko čas
Show_Btn_About	Zobraz tlačítko informace o systému
Show_Btn_Settings	Zobraz tlačítko nastavení
Show_Btn_Display	Zobraz tlačítko obrazovka
Show_Btn_Sound	Zobraz tlačítko zvuk
Show_Btn_Errors	Zobraz tlačítko chyby

Tab. 3 Funkce jednotlivých bitů



Obr. 31 Skrývání ikon hlavní obrazovky



Obr. 32 Informativní bloky

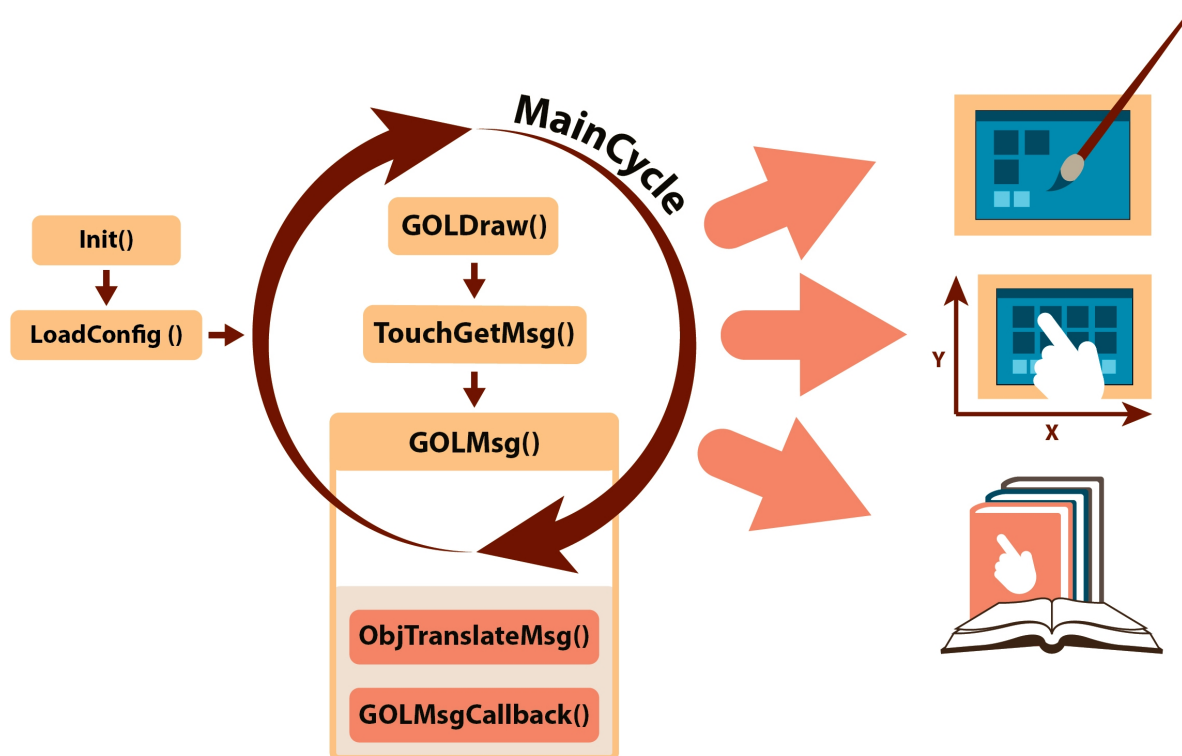
Bloky *Bits_01* až *Bits_04* mají převážně informativní charakter pro ladění systému, jedná se o bloky, které v Dirigu převádějí datový typ *Int* na jednotlivé bity. Blok *Vizual* sbírá bity pro zobrazování stavových ikon na hlavní obrazovce dotykového terminálu, jeho výstup *VizualStatus* je poté zpracováván firmwarem. Blok *GErr* vytváří bit pro zobrazení stavové ikony chyba na dotykovém terminálu. Jeho výstup *GlobalError* je poté zpracován blokem *Vizual* a vyhodnocen ve firmware.

6.2.3 Firmware

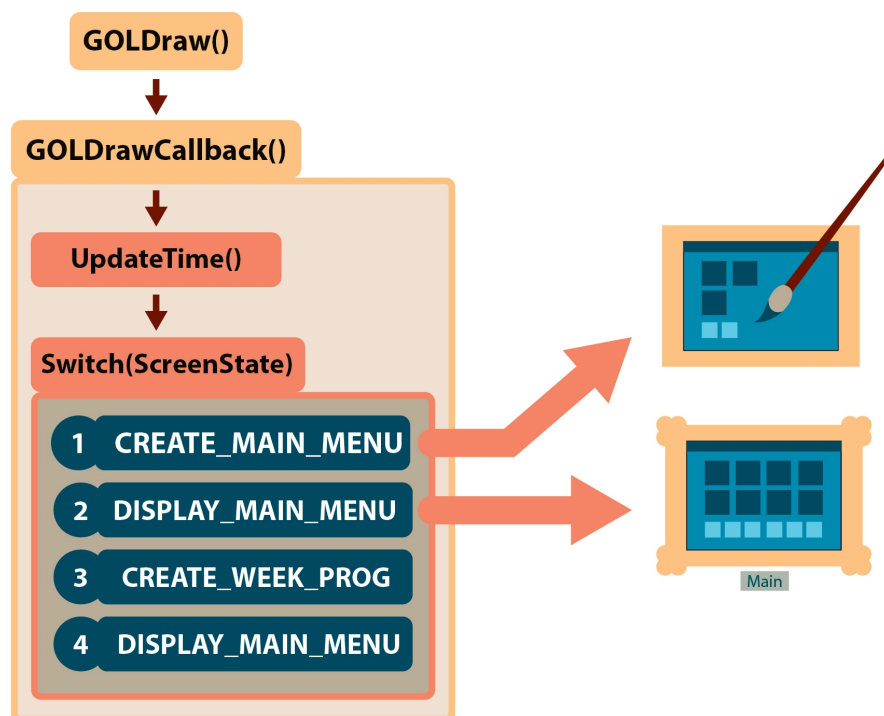
Firmware implementuje vykreslování grafického rozhraní na dotykovém terminálu, dále také obsahuje jednotlivé programové bloky Diriga, což však není tématem této práce a proto bude popis firmware omezen na části kódu, které souvisí s grafickým rozhraním.

6.2.3.1 Základní cyklus

Firmware dotykového terminálu, jako asi každá aplikace pro mikročip, běží v neustále opakované smyčce. V rámci této smyčky jsou vyhodnocovány a vykreslovány všechny grafické objekty zobrazované na displeji. Při bližším pohledu zjistíme, že nejprve proběhne inicializace hardwaru, poté se zkontroluje, zdali již byl terminál nakonfigurován, v případě že ne, provede se kalibrace displeje. Následně se vytvoří barevná schémata pro jednotlivé objekty, až nakonec vběhne program do hlavní smyčky, kde už zůstane. V rámci hlavní smyčky se ošetřuje funkce *GOLDraw()*, která má za úkol vykreslování jednotlivých objektů, v případě že je to vyžadováno. Při úspěšném vykonání funkce *GOLDraw()* jsou ošetřeny funkce *TouchGetMsg(&msg)* a *GOLMsg(&pmsg)*. Ukazatel *&msg* odkazuje na adresu, kam se ukládá událost vyvolaná uživatelem. Nejprve je tato událost vyhodnocena jako dotyk na dotykovém terminálu, čímž se získají příslušné souřadnice a charakter dotyku (press, release, hold, move,...). Data funkce *TouchGetMsg()* jsou uložena do parametru *pmsg*, se kterým dále pracuje funkce *GOLMsg(&pmsg)*. Ta přiřadí událost k danému grafickému objektu (Butto, EditBox, istBox, ...) a provede náležitou akci (Press, Hold, Scroll, ...). Přiřazení akce ke grafickému objektu proběhne pomocí funkce *ObjTranslateMsg()* a následné provedení akce pomocí funkce *GOLMsgCallback()*, (Obr. 33).

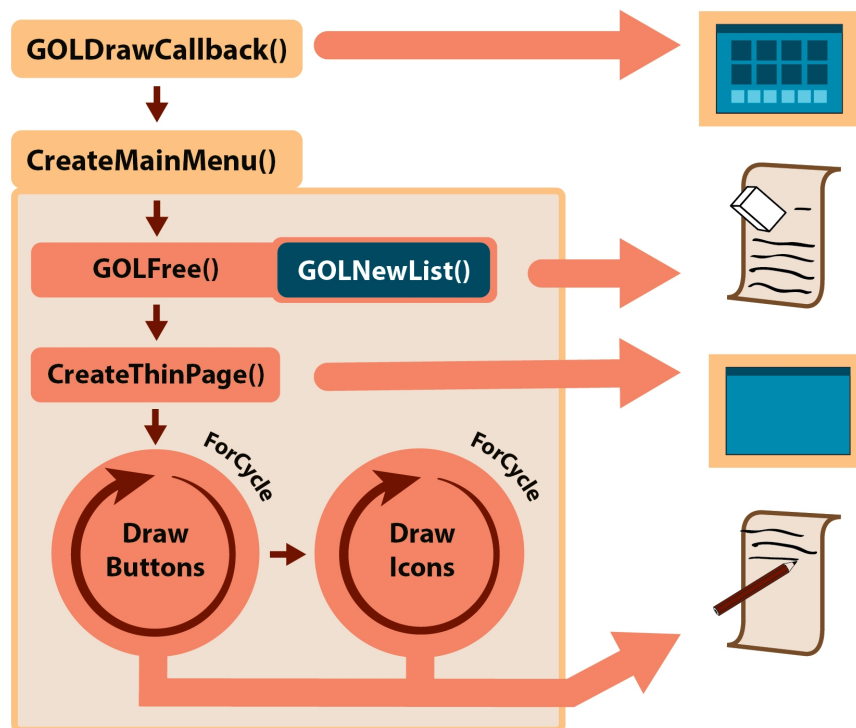


Obr. 33: Schéma základního cyklu



Obr. 34 Funkce FOLDrawCallback()

Nyní se vrátíme k funkci *GOLDDraw()*, která na začátku posloupnosti svých příkazů volá funkci *GOLDDrawCallback()*. Tato funkce má za úkol vytváření jednotlivých předdefinovaných obrazovek. Aktivní obrazovka je definována parametrem *screenState*, kdykoliv je tento parametr během programu změněn, dojde k překreslení obrazovky. Funkce *GOLDDraw Callback()* udržuje obrazovky aktuální pomocí *switche*, ve kterém má každá obrazovka dva možné stavy: *CREATE* a *DISPLAY*. Pokud bychom jako příklad vzali obrazovku *MAIN_MENU*, tak *CREATE_MAIN_MENU* je provedeno v případě, že je aktuálně zobrazována jiná obrazovka a je nutné ji celou překreslit. Oproti tomu *DISPLAY_MAIN_MENU* je provedeno v případě, že aktuálně zobrazovaná obrazovka již je *MAIN_MENU*, ale u některých objektů je nutné provádět aktualizaci dat, v našem případě například stavových ikon v dolním řádku (Obr. 34). V případě, že je nutné celou obrazovku vykreslit znovu, Funkce pro vytvoření obrazovky, v našem případě *CreateMainMenu()*, nejprve smaže paměť s objekty předešlé obrazovky pomocí funkce *GOLFree()*, dále vytvoří nový, prázdný seznam, načtež zavolá posloupnost konstruktorů jednotlivých objektů, které mají být na obrazovce zobrazeny. V našem případě, vykreslování obrazovky *MAIN_MENU* se nejprve vykreslí okno pomocí funkce *CreateThinPage()* a následně pomocí dvou cyklů jsou zavolány konstruktory tlačítek a ikon stavového řádku. Konstruktor každého objektu dynamicky alokuje paměť pro jeho strukturovaný datový typ, naplní jej daty a přidá jej do seznamu aktuálních objektů. Tento seznam je dále používán při aktualizaci dat jednotlivých objektů, v případě že je nutné ošetřit akci uživatele (Obr. 35).



Obr. 35 Vykreslování Obrazovky

6.2.3.2 Menu

Každá položka menu (*MenuItem*) vytvořena v Dirigu je v paměti uložena jako strukturovaný datový typ *TRamMenuItem*.

```

struct TRamMenuItem
{
    BYTE Esc;
    BYTE Up;
    BYTE Down;
    BYTE Enter;
    short VarDef;
    BYTE Flags;
    BYTE Decimals;
    long Min;
    long Max;
    short KDef;
    short QDef;
    char Text[32/*LCD_TEXT_SIZE*/];
};

// TMenuItem.Flags
#define F_READ_ONLY    0x01
#define F_RECIPROCAL_K 0x02
#define F_CHANGE_Q     0x04
#define F_PASSWORD     0x08
#define F_WEEK_PRG     0x10
#define F_DATE_TIME    0x20

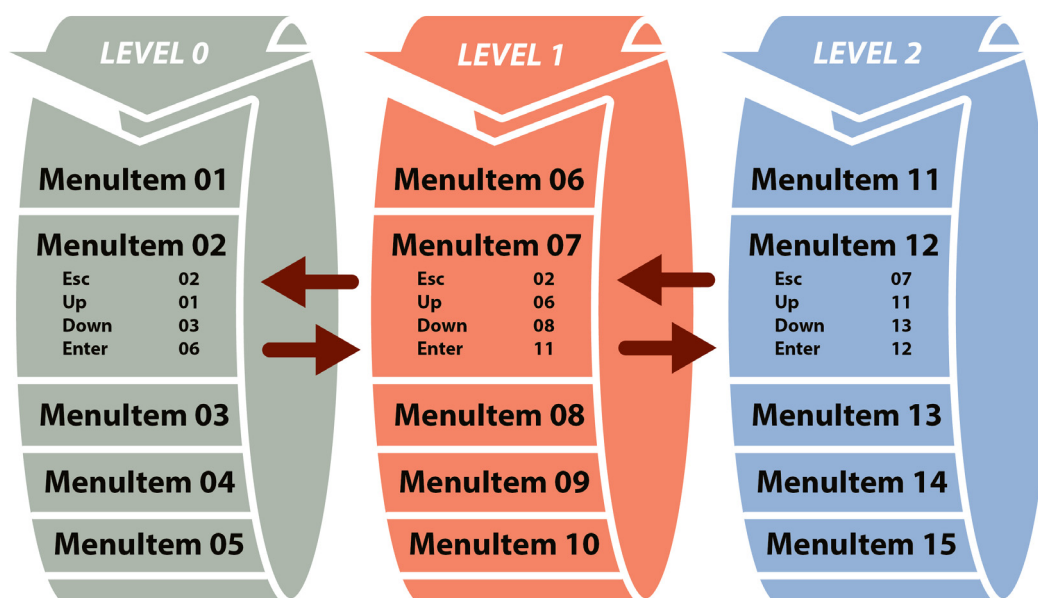
```

Vlastnosti jednotlivých hodnot jsou následující: *Esc*, *Up*, *Down* a *Enter* slouží k navigaci mezi jednotlivými položkami menu. *VarDef* udává odkaz na hodnotu přiřazenou dané položce menu. *Flags* jsou příznaky, které definují specifické vlastnosti dané položky, jako je například ochrana helem, zamezení změny hodnoty, týdenní program a podobně. Hodnota *Decimals* určuje počet desetinných míst, většina hodnot je totiž zpracovávána jako datový typ *Int*, nebo *long*, které neobsahují informace o desetinné čárce, ta je tak vykreslena až při zpracování textu pro zobrazení na displeji. *Min* a *Max* určují omezení hodnoty maximem a minimem. V případě že jsou hodnoty *Max* i *Min* rovny nule, znamená to, že hodnota není omezena. *KDef* a *QDef* stejně jako *VarDef* udávají odkaz k hodnotám *K* a *Q*, které obvykle slouží pro přepočet systémové hodnoty na hodnotu s fyzikálním rozměrem. Přepočet je realizován podle vztahu $y = Kx + Q$. Text je textové pole určující název položky menu, jeho maximální délka je 32 znaků, neobsahuje ukončovací znak.



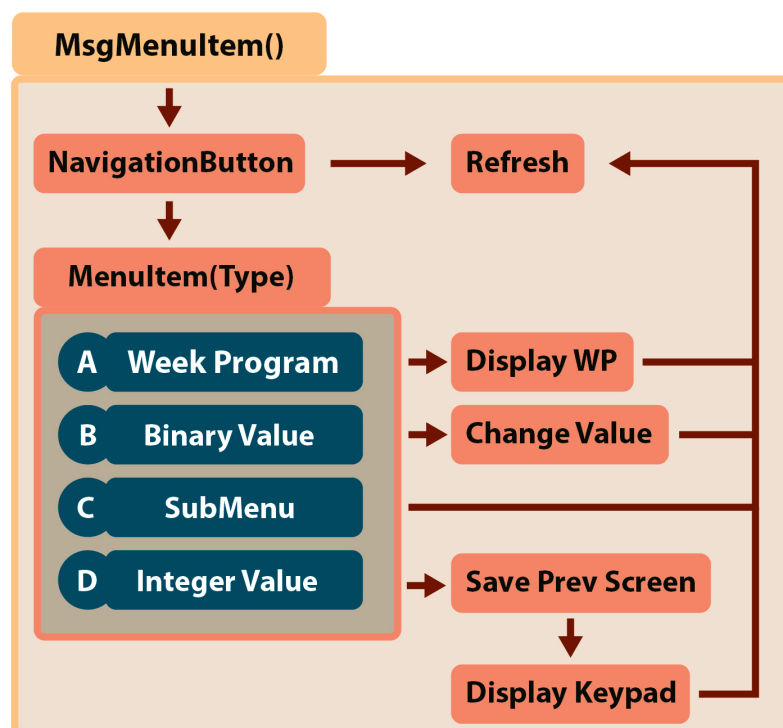
Obr. 36 Pole objektů MenuItem

Menu jako celek je pole strukturovaných datových typů *TRamMenuItem*, kde se jednotlivé objekty *MenuItem* navzájem odkazují na své indexy pomocí navigačních parametrů *Esc*, *Up*, *Down* a *Enter*. Přestože pole objektů *MenuItem* je ve své podstatě přímka (Obr. 36), je možné představit si je jako několik celků, v závislosti na tom jak se do sebe jednotlivé úrovně menu vnořují. (Obr. 37)



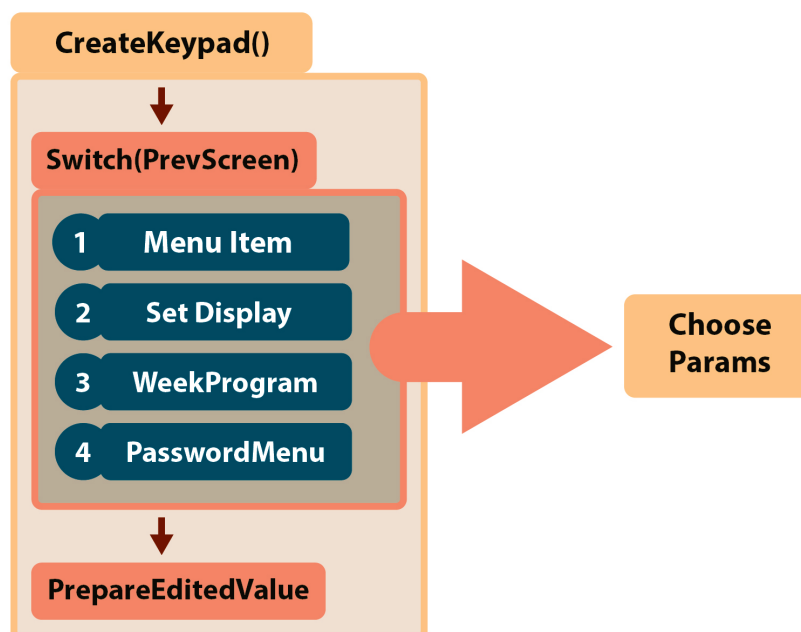
Obr. 37 Objekty MenuItem rozděleny do úrovní

Uspořádání jednotlivých úrovní menu nejlépe vystihují kruhové smyčky, první objekt *MenuItem*, nebo také položka každé úrovně totiž vždy odkazuje na poslední a naopak. V našem případě máme položky menu s indexy 1 až 15. Při pohybu v menu se používají parametry *Esc*, *Up*, *Down* a *Enter*, které odkazují na index položky v menu, která se má zobrazit. *Up* odkazuje vždy na předcházející položku a *Down* na položku následující. *Enter* odkazuje na první položku podmenu, je-li k dispozici, *MenuItem02* tedy bude přecházet na *MenuItem06*. V případě, že podmenu není k dispozici, bude parametr *Enter* odkazovat na index své vlastní položky menu, jak je tomu třeba u *MenuItem12*. *Esc* odkazuje na index položky, ze které se vstoupilo do dané podúrovně. Je tedy jasné, že jediné položky nulté úrovně nemají definován parametr *Esc* a odkazují na svůj vlastní index, podobně jako je tomu s parametrem *Enter*, v případě že není definován. Celé menu je uloženo v *ROM* paměti dotykového terminálu, dvě aktivní položky, které se na terminálu zobrazují zároveň, je tedy nutné vždy vyčíst a uložit v dočasných proměnných.



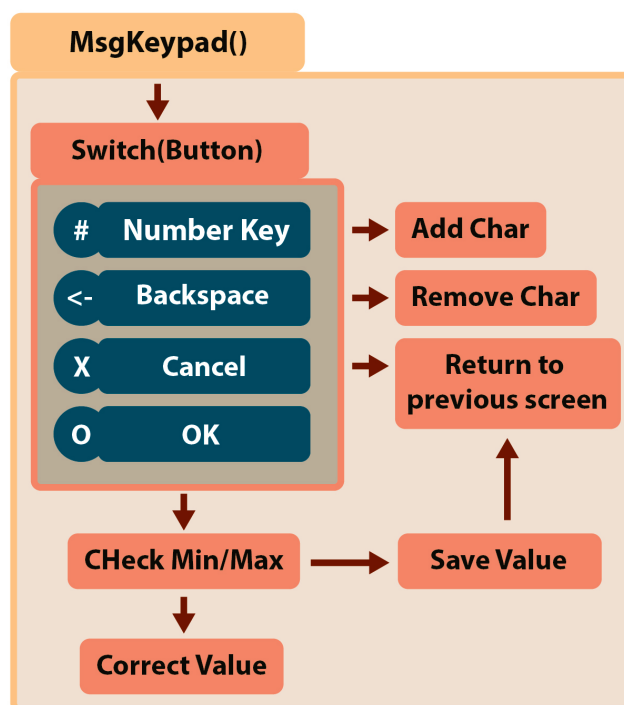
Obr. 38 Události Menu

Jednotlivé události, na které menu reaguje, jsou definovány funkcí *MsgMenuItem()* (Obr. 38). V podstatě se rozlišují dva typy události. Stisknutí některého z navigačních tlačítek a stisknutí konkrétní položky menu. Při stisku navigačního tlačítka dojde k vyčtení nového objektu *MenuItem* z *ROM* paměti a aktualizaci hodnot na obrazovce. Při stisku položky menu se rozlišují další čtyři varianty. Pokud položka menu odkazuje na týdenní program, vykreslí se speciální obrazovka pro práci s týdenním programem. Pokud položka menu reprezentuje binární hodnotu, je hodnota změněna, uložena a dojde k aktualizaci informací na displeji. Pokud položka menu odkazuje na Podmenu, dojde k vyčtení nového objektu *MenuItem* z *ROM* paměti a aktualizaci hodnot na obrazovce, stejně jako v případě stisku některého z navigačních tlačítek. Pokud položka menu reprezentuje číselnou hodnotu, dojde k uložení informací o stavu aktuální obrazovky, aby bylo možné vrátit se po editaci hodnoty zpět, následně je vykreslena editační obrazovka s klávesnicí (Obr. 39).



Obr. 39 Vykreslení klávesnice

Jelikož obrazovka s klávesnicí slouží nejen k editaci hodnot z menu, ale rovněž z týdenního programu, k zadávání hesla a nastavení délky podsvícení displeje, je při inicializaci této obrazovky nejprve nutné zpracovat editovanou hodnotu. V první fázi se pomocí parametru *PrevScreen* zjistí, která obrazovka si vyžádala editaci hodnoty, podle této volby jsou následně nahrány parametry pro zpracování editované hodnoty. Ve většině případů jde o hodnoty *K*, *Q*, *Min* a *Max*, aby uživatel editoval hodnoty ve formátu, kterému rozumí. Zpracovaná hodnota je poté zobrazena v kolonce editační obrazovky.



Obr. 40 Události klávesnice

Po vykreslení reaguje klávesnice na tyto události: Stisknutí klávesy s číslem přidá znak k již zobrazeným znakům. Stisknutí klávesy `backspace` ubere znak ze zobrazených znaků. Stisknutí klávesy `Esc` zruší provedené změny a vykreslí předchozí obrazovku. Stisknutí klávesy `OK` zkontroluje, zdali je hodnota v povoleném rozsahu maxima a minima. v případě, že ne, opraví hodnotu a čeká na akci uživatele. V případě že je hodnota v rozsahu, převede ji zpět na rozměr systémové veličiny a uloží do paměti. Po uložení je vykreslena předchozí obrazovka. (Obr. 40)

7 Vizualizace

Pro tvorbu vizualizace je potřeba nejprve importovat parametry z programu v Dirigu. Jakmile jsou signály importovány, je možné začít s nimi pracovat. Základním nástrojem Scriba je práce se signály v *gridu*, neboli v tabulce. *Grid* je proto objekt, který se defaultně objeví na každém novém listu vizualizace. Práce se signály v *gridu* je velmi jednoduchá, pracovat s nimi můžeme buď příkazy v menu Signál, nebo horkými klávesami. Pro přidání signálu (F7) se zobrazí seznam signálů, ze kterého vybereme jeden, popřípadě i více signálů, které mají být do *gridu* přidány.

Tvorba vizualizace s grafickými objekty a animacemi je trochu složitější. Nejprve je nutné přepnout se do editačního režimu klávesou F4, zobrazí se *object inspektor* a knihovna komponent. Editací režim nám umožní pracovat s jednotlivými objekty vizualizace, je tedy možné odstranit základní objekt *grid* a umístit do vizualizace jiné objekty dle vlastní libosti. V našem případě se jedná o objekty:

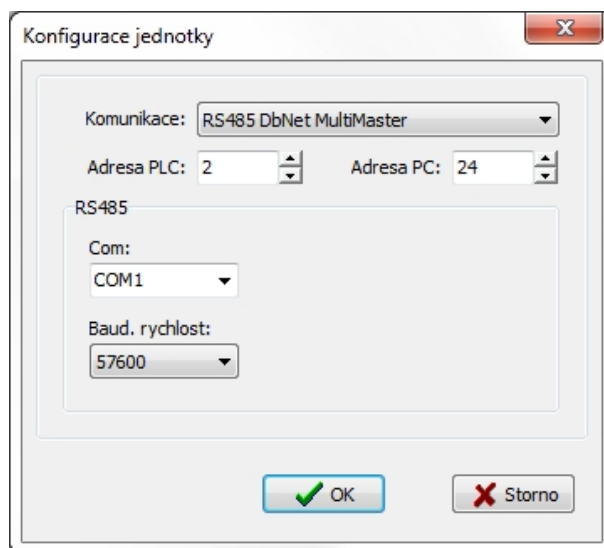
- *AnimatePanel* – objekt pro vykreslení grafiky
- *AnimateImage* – animovaný grafický objekt
- *VizAnimateImage* - animovaný grafický objekt s ovládacím signálem
- *VizPanel* – objekt reprezentující tlačítka, editboxy, panely, apod.
- *ImageList* – seznam obrázků pro animované objekty

AnimatePanel je objekt který umožňuje vykreslování statických, nebo dynamických obrázků. Všechny objekty *VizAnimateImage*, nebo *AnimateImage*, musejí být vloženy uvnitř objektu *AnimatePanel*, aby byly správně vykresleny. *AnimateImage* a *VizAnimateImage* jsou velmi podobné objekty, pouze s tím rozdílem, že *VizAnimateImage* umožňuje připojit proměnnou pro ovládání animace objektu. Jeden *VizAnimateImage* je poté možné nastavit jako master pro více objektů *AnimateImage*, ty poté budou vykonávat stejnou akci jako on. Obrázky, které jsou zobrazovány, závisí na Objektu *ImageList*, provádějící jejich import do Scriba. Každý objekt *AnimateImage*, nebo *VizAnimateImage* musí mít přiřazen objekt *ImageList*, jinak není schopen na obrazovce cokoliv vykreslit. Objekt *VizPanel*, je zvláštní druh univerzálního objektu se širokou škálou parametrizovatelných vlastností, slouží jako různé druhy tlačítek, editboxů, panelů a ukazatelů.

Jednotlivé objekty a jejich chování je více či méně parametrizovatelné změnou vlastností daných objektů v *object inspektoru*.

7.1 Ovládání vizualizace na PC

Z uživatelského hlediska je ovládání vizualizace velmi jednoduché. Většina vizualizace je tvořena zobrazováním hodnot v *gridech* (Obr. 42), které tvoří třináct záložek z celkové vizualizace. Záložky jsou používány k rozdělení vizualizace na jednodušší celky. Čtrnáctá záložka je schéma, které symbolický zobrazuje procesy tepelného čerpadla pomocí jednoduché grafiky (Obr. 43).



Obr. 41: Nastavení komunikace vizualizace

Pokud nebyla vizualizace nastavena dříve, je nutné po jejím spuštění nastavit správné parametry komunikace s regulátorem technologie. Dialog pro nastavení komunikace otevřeme z menu *Volby/Komunikace*. Je nutné zvolit tyto parametry:

Komunikace:	RS485 DbNet MultiMaster
Adresa PLC:	2
Adresa PC:	Libovolná mimo 2 a 10
Com:	Závisí na připojeném portu
Baud. Rychlost:	57600

Po stisknutí *OK* se vizualizace pokusí připojit. V případě, že se připojení podaří hodnoty v *gridech* nebudou přeškrtnuté a Editboxy ve schématu budou zobrazovat hodnoty. Připojení vizualizace k technologii je možné zapnout nebo vypnout pomocí menu: *Projekt/Aktivní*, nebo klávesovou zkratkou *Ctrl + A*. Pokud je Vizualizace připojená k technologii, je možné měnit parametry regulátoru přepsáním jejich hodnoty v *gridu* a potvrzením klávesou Enter. Na záložce Schéma je možné nastavit požadovanou hodnotu pro TUV, ostatní hodnoty jsou pouze informativního charakteru a nelze je měnit. Při běhu tepelného čerpadla se budou jednotlivé segmenty trubek animovat a informovat tak o průtoku kapaliny systémem. [6][7][8]

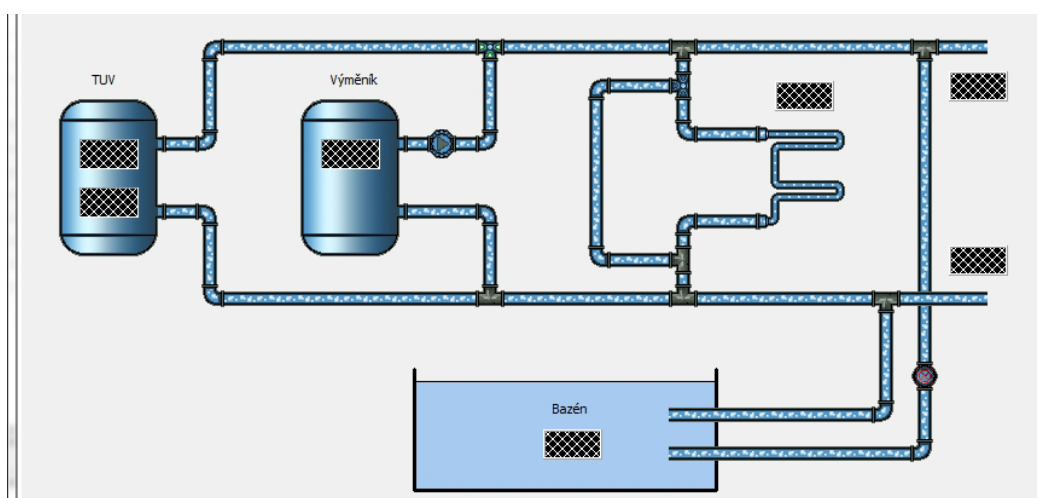
SYBAS Scribo - SYBAS-TČ.sbp [TV] - Aktivní - Uživatel: SYBAS

Projekt Editace List Signál Volby Graf

Stav čidel Měřené h. TUV TV Chlazení Oběhovka Stav TČ Elektrokotel Bazén Servis Schéma Motohodiny Verze Směšovaný okr.

Jméno	Popis	Hodnota	Jednotka
EQ_AX	Equiterma pro stoupačku	0.0	°C
EQ_AY	Equiterma pro stoupačku	0.0	°C
EQ_BX	Equiterma pro stoupačku	0.0	°C
EQ_BY	Equiterma pro stoupačku	0.0	°C
EQ_CX	Equiterma pro stoupačku	0.0	°C
EQ_CY	Equiterma pro stoupačku	0.0	°C
EQ_t	Vypočtená Ekvitermní teplota TV	0.0	°C
TV_povol	Povolení ohřevu TV	0.0	
Teplota_topení	Rozhodovací teplota pro ZAP topení	0.0	°C
EQ_ručně_hodnota	Hodnota manuálního zvýšení EQ TV	0.0	°C
Místnost_povol	Povolení regulace dle čidla teploty	0.0	
Místnost_pož_hyst	Hystereze regulace teploty v místnosti	0.0	°C

Obr. 42: Vizualizace - Grid



Obr. 43: Vizualizace Schéma

7.2 Tvorba vizualizace na PC

Tvorbu vizualizace ve Scribu je možné provádět ve dvou úrovních. První variantou jsou *gridy*, tabulky s názvy a hodnotami měřených signálů, které představují základ vizualizace. Jejich tvorba je jednoduchá a rychlá, proto většinou představují první krok při práci s nástrojem Scribo. Druhou variantou je práce v pokročilém editačním režimu, kde je možné pracovat s klasickými grafickými objekty jako je tlačítko, editbox nebo slider. Každý takovýto objekt disponuje mnoha parametrizovatelnými vlastnostmi, které definují jeho chování a podobu. Pokročilý editační režim umožňuje vytvářet intuitivnější a plnohodnotnější vizualizaci, práce v něm je však náročnější.

P otevření Scriba se zobrazí nenápadné okno (Obr. 44). Nejprve je nutné vybrat z menu Projekt/Nový. Otevře se dialog pro import databáze signálů z Diriga. Po zvolení správného databázového souboru je nutné potvrdit dotaz na vytvoření nového projektu a práce s vizualizací může začít.

SYBAS Scribo - Uživatel: Obsluha

Projekt Editace List Signál Volby Graf

List 1

Jméno	Popis	Hodnota	Jednotka
Neznámý signál	Neznámý signál	Neznámý signál	Neznámý signál

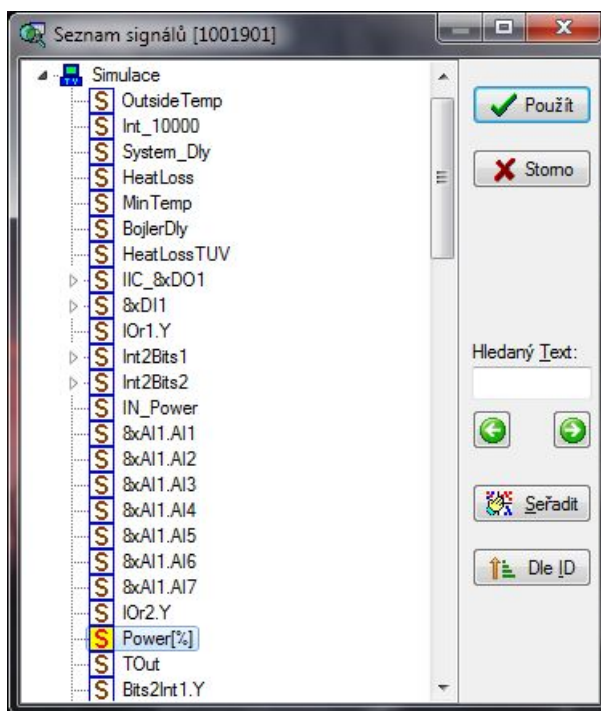
Obr. 44 Nový projekt

Práce s *gridy* je velmi jednoduchá. Z menu Signál stačí vybrat požadovanou akci, popřípadě stisknout náležitou klávesovou zkratku a změna v *gridu* je okamžitě provedena. V základním editačním režimu je však možné mít na jednom listě pouze jednu tabulku se signály. Příkazy pro práci se signály v *gridu* jsou vypsány v (Tab. 4).

Příkaz	Zkratka	popis
Přidat	F7	Přidá nový signál
Přidat oddělovač	Alt + F7	Přidá prázdný řádek
Smazat	F8	Smaže vybraný signál
Posuna nahoru	Alt + Up	Posune vybraný signál o jedno místo nahoru
Posun dolů	Alt + Down	Posune vybraný signál o jedno místo dolů
Výběr rozsahu	n/a	Umožní vybrat více než jeden signál

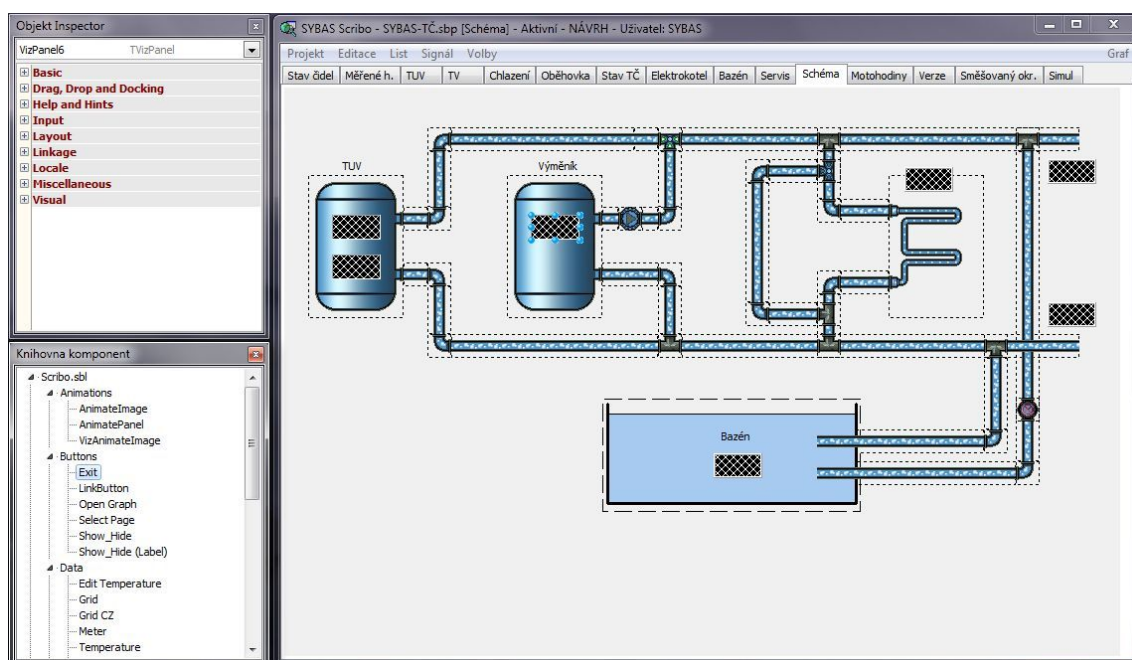
Tab. 4 Příkazy pro práci se signály

V případě přidání nového signálu se zobrazí okno s dostupnými signály (Obr. 45) v projektu, výběrem jednoho či více signálů a potvrzením budou signály přidány do aktuálního *gridu*.



Obr. 45 Seznam signálů

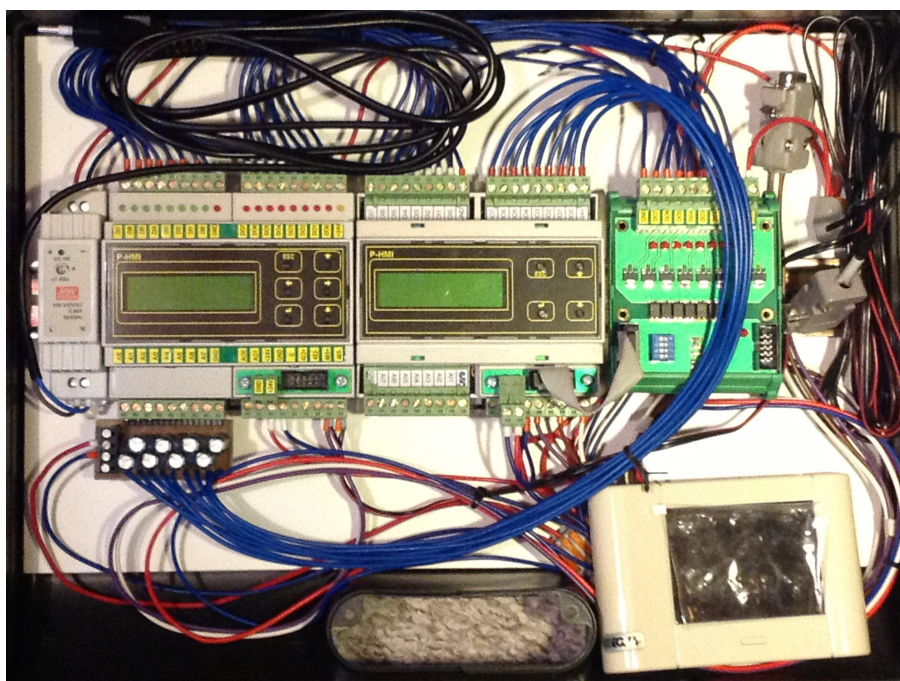
Do pokročilého editačního režimu je možné přejít stiskem klávesy F4 (Obr. 46). Na obrazovce se okamžitě objeví dvě nová okna: *Object Inspektor* a *Knihovna komponent*. *Knihovna komponent* poskytuje přístup ke grafickým i skrytým objektům, které je možné využít při tvorbě vizualizace. Chycením a tažením myši je možné umístit objekt z knihovny komponent do vizualizace. Poté, co jsou vybrané objekty umístěny, přichází na řadu *Object Inspektor*. V jeho okně je dostupný rozsáhlý seznam vlastností aktuálně vybraného objektu, jejichž změnou je možné měnit vzhled a chování objektu.



Obr. 46 Pokročilý editační režim

8 Simulace

Simulace je realizována hardwarově za použití dalšího PLC. Je tak možné zkoušet, nebo předvádět regulátor tepelného čerpadla s vizualizací bez připojení na technologii a bez nutnosti zasahovat do softwaru regulátoru. Hardwarový simulátor je realizován tak, že jednotlivé vstupy a výstupy simulátoru jsou připojeny na vstupy a výstupy regulátoru tepelného čerpadla, kterému předávají simulovaná data z modelu technologie. Vstupy a výstupy simulátoru jsou popsány v (Tab. 5) a (Tab. 6).



Obr. 47: Regulátor se simulátorem

DI0	Blokace TČ Log0 blokuje tepelné čerpadlo, log1 umožňuje jeho chod.
DI1	Režim T/CH Log1 je topení, log0 je chlazení
DI2	Oběhové čerpadlo Oběhové čerpadlo pracuje, je-li log1
DI3	Servo TUV
DI4	El. Top Dotápění elektrickým přímotopem při log1
DI5	Otevři směšovací ventil Impulzní vstup pro otevírání směšovacího ventilu
DI6	Zavři směšovací ventil Impulzní vstup pro zavírání směšovacího ventilu
DI7	Servo bazén
AI0	Výkon TČ [%] Požadovaný výkon tepelného čerpadla [40%-100%]

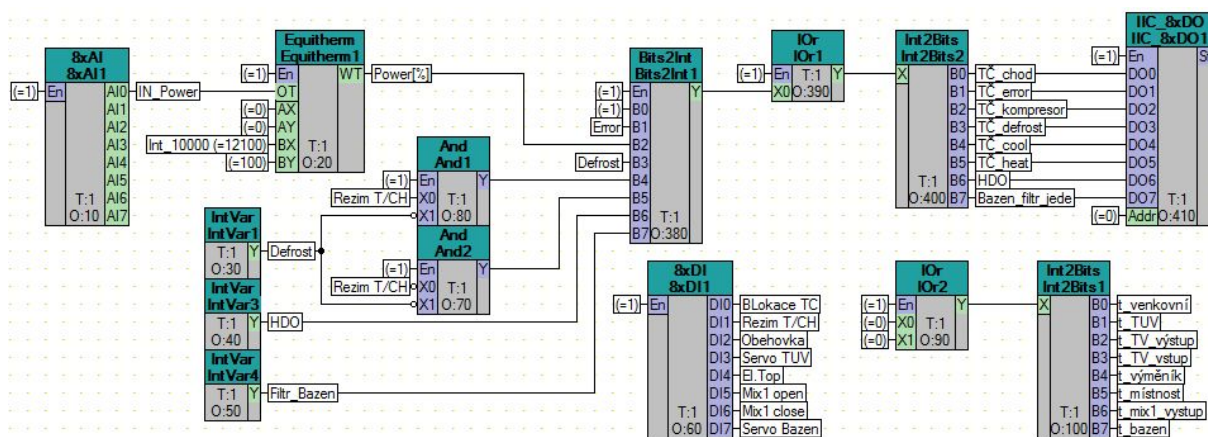
Tab. 5 Vstupy simulátoru

DO0	TČ Chod
DO1	TČ Error
DO2	TČ Kompresor v provozu
DO2	TČ Odmrazování venkovní jednotky
DO4	TČ Chlazení
DO5	TČ Topení
DO6	HDO zvýšená sazba za elektřinu
DO7	Probíhá filtrace bazénu
AO0	Venkovní teplota
AO1	Teplota bojleru
AO2	Teplota stoupačky
AO3	Teplota zpátečky
AO4	Teplota výměníku
AO5	Teplota Místnosti
AO6	Teplota za směšovacím ventilem
AO7	Teplota bazénu

Tab. 6 Výstupy simulátoru

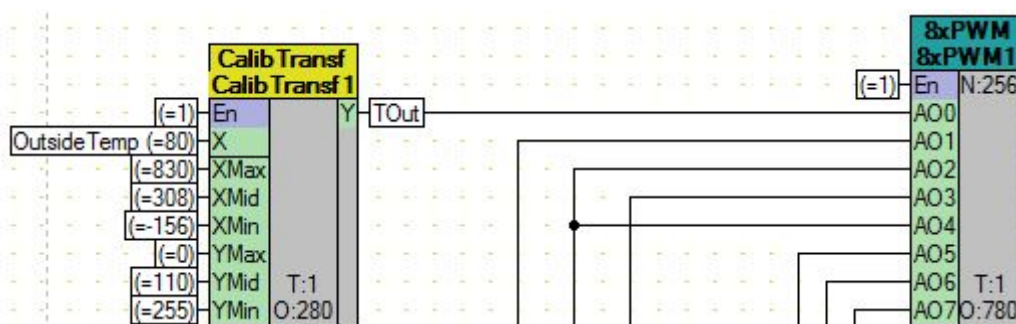
8.1 Program simulátoru

Z analogového vstupu *AIO* se vyčítá informace o požadovaném výkon, výkon se může pohybovat mezi hodnotou 40% až 100%. Pro chod regulátoru je nutné udržovat bity *DO0* a *DO2* v log 1. *DO0* informuje regulátor, že tepelné čerpadlo běží a *DO2* nese informaci o běhu kompresoru. Simulátor automaticky nastavuje, po celou dobu simulace, oba tyto bity do stavu log 1. Z digitálního vstupu *DII* je zpracována informace, zdali je požadováno topení, nebo chlazení, do rozhodování je zahrnuta i možnost simulace odmrázování výměníku (blok *IntVar1*). Na výstup simulátoru jsou poté nastaveny patřičné bity (*DO3*, *DO4*, nebo *DO5*), reprezentující aktuální režim tepelného čerpadla (odmrázování / chlazení / topení). Přes blok *IntVar3* je možné nastavovat stav *HDO* (log1 znamená nízkou sazbu elektřiny), blok *IntVar4* umožňuje simulovat chod filtrace bazénu, kde pro nahřívání bazénu je nutné, aby běžela filtrace bazénu. (Obr. 48)



Obr. 48 AI0 - Výkon

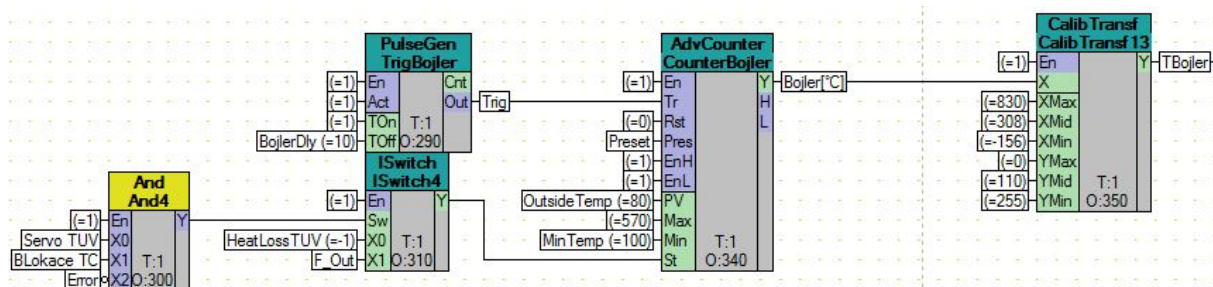
Pro simulaci teplot jsou na analogové výstupy *AO0* až *AO7* posílány analogové hodnoty odpovídající teplotě s přesností na desetinu stupně celsia. Ke každému analogovému výstupu simulátoru je připojen kondenzátor, ve výsledku je tak dosaženo zdání připojeného senzoru *NI-KL1000*. Teploty jsou převáděny na výstupní napětí pomocí třibodové aproximace bloku *CalibTransf*. Výchozím stavem systému je venkovní teplota, definována parametrem *OutsideTemp*. Při zahájení simulace předpokládáme, že vytápěný objekt má stejnou teplotu jako okolní prostředí. Venkovní teplota je odesílána analogovým výstupem *AO0*. (Obr. 49)



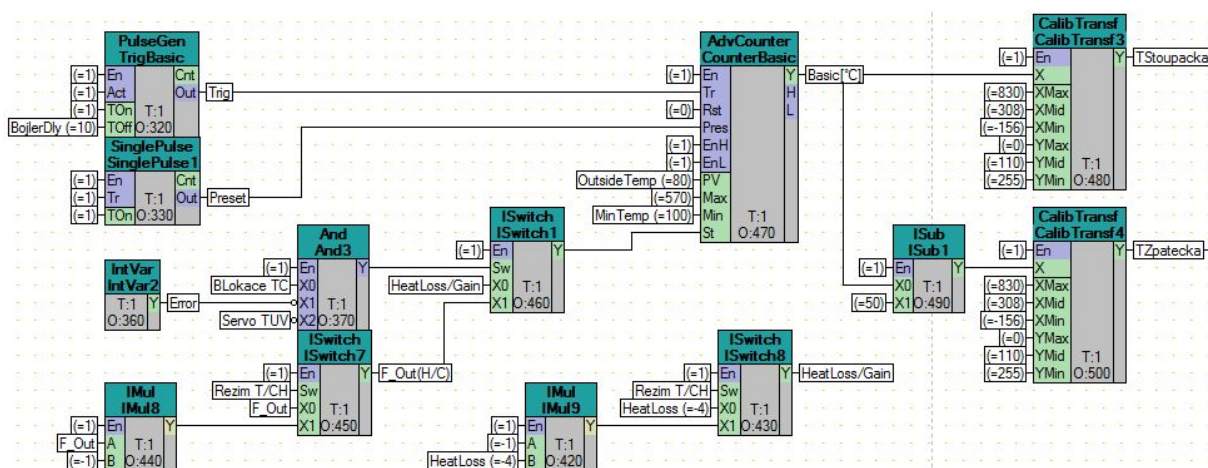
Obr. 49 Venkovní teplota

Další seskupení bloků realizuje simulaci nahřívání teplé užitkové vody (TUV) v akumulační nádobě bojleru. Simulace nahřívání TUV je provedena poměrně jednoduše, jde totiž o přímé nahřívání tepelným čerpadlem. Je-li zapnuto nahřívání (*ServoTUV* je log1) a blokáce tepelné

ho čerpadla je vypnuta (*Blokace_TC* je log 1), čítač *AdvCounter4* v pravidelných intervalech Zvýší svoji hodnotu úměrně požadovanému výkonu. Není-li zapnuto nahřívání, nebo je zapnuta blokace tepelného čerpadla, čítač *AdvCounter4* svou hodnotu v pravidelných intervalech snižuje o parametr *HeatLossTUV*, který je v našem případě roven hodnotě -1. Blok *ISwitch4* zde přepíná hodnotu, o kterou se mění hodnota čítače, v závislosti na stavu bloku *And4* (podmínka topení). Tepelné čerpadlo samozřejmě netopí, je-li v poruše. Interval mezi změnami čítače byl experimentálně nastaven na 1 sekundu, aby zajistil dostatečnou setrvačnost systému. Tepelné čerpadlo totiž musí po zapnutí běžet alespoň deset minut, i tak je ovšem průběh simulace poměrně rychlý a neodpovídá skutečnosti.



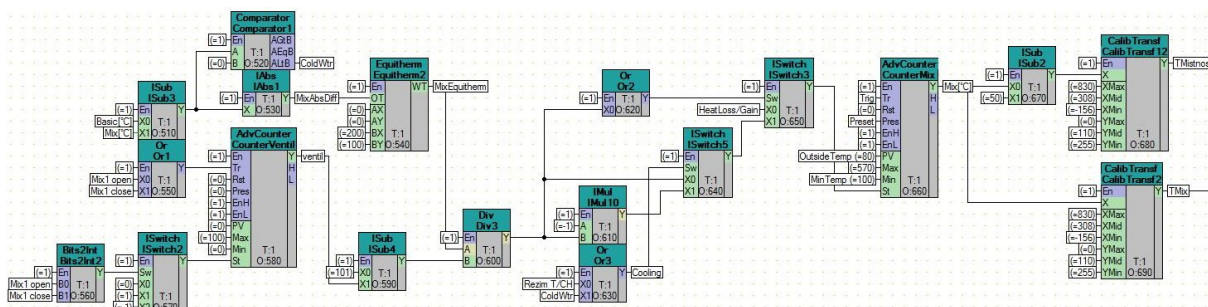
Obr. 50 Teplá užitková voda (TUV)



Obr. 51 Základní topný okruh

Na (Obr. 51) je vidět simulace základního topného okruhu. Většina instalací tohoto tepelného čerpadla si vystačí pouze se základním topným okruhem a nahříváním TUV. Stejně jako TUV je topná voda základního okruhu nahřívána přímo tepelným čerpadlem. V simulaci je opět použit čítač, kde hodnota jeho změny je řízena dvěma signály. Signálem *D10* (*Blokace_TC*) a *D13* (*Servo_TUV*), kde signál *Servo_TUV* určuje, zdali se nahřívá teplá užitková voda nebo topná voda v hlavním okruhu. Tepelné čerpadlo samozřejmě netopí v případě výskytu chyby. U základního topného okruhu se také počítá s možností využít tepelného čerpadla jako klimatizace, proto blok *ISwitch7* přepíná mezi kladnou a zápornou hodnotou výkonu. Simulace základního topného okruhu má dvě výstupní hodnoty, teplotu stoupačky a teplotu zpátečky. Pro zjednodušení simulace je teplota zpátečky přímo závislá na teplotě stoupačky a rozdíl je definován konstantou 5°C. Analogové výstupy jsou *AO2* pro teplotu stoupačky a *AO3* pro teplotu zpátečky. Teplota stou-

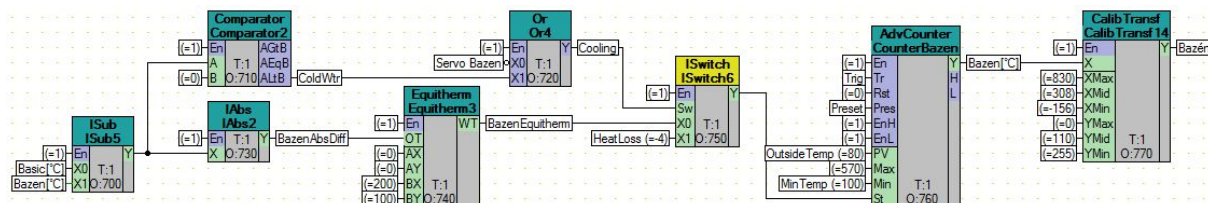
pačky se rovněž vyvádí na analogový výstup *AO4*, který reprezentuje teplotu výměníku. Teplota výměníku se v regulaci používá pouze k detekci podchlazení výměníku a vyvolání chybového hlášení, na regulaci soustavy jinak nemá vliv.



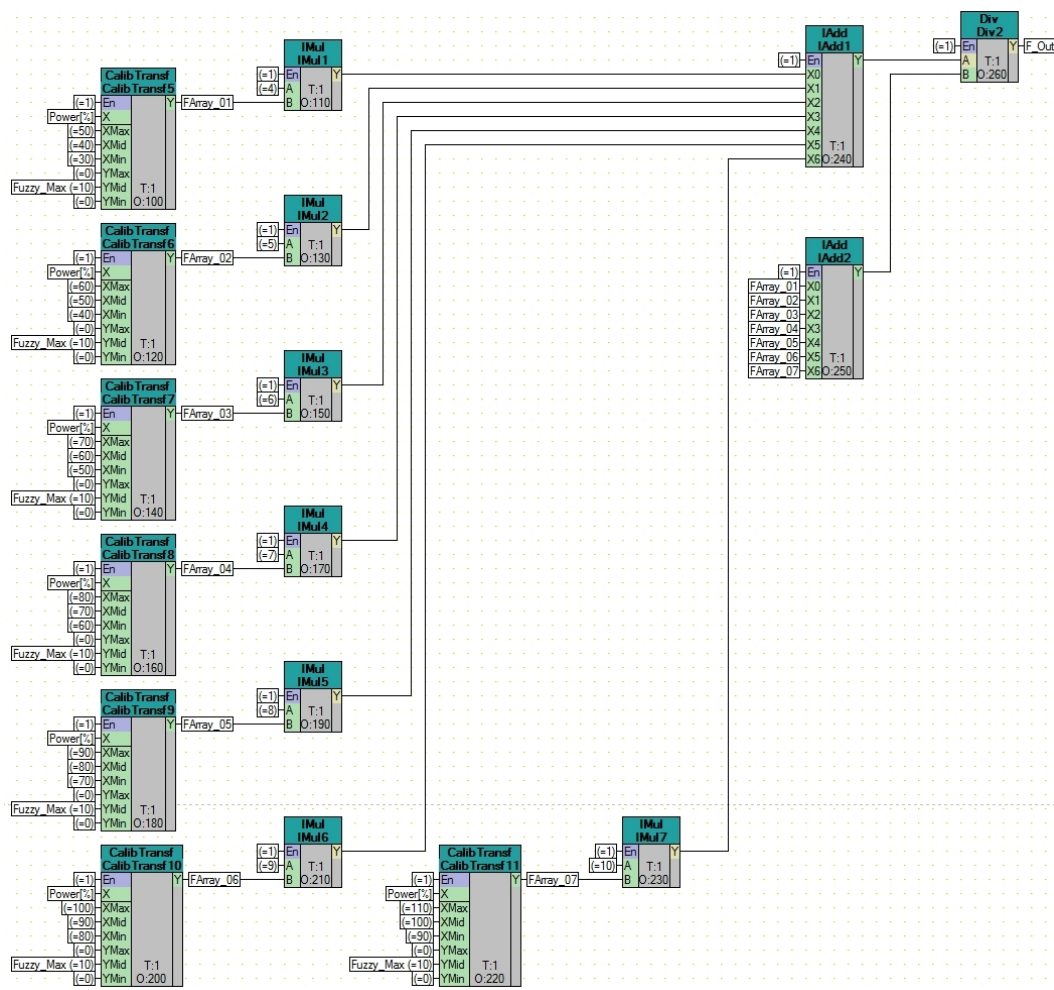
Obr. 52 Směšovací okruh

Simulace směšovacího okruhu (Obr. 52) je již trochu složitější. Liší se hlavně tím, že směšovací okruh není nahříván přímo z tepelného čerpadla, ale k topení je využita topná voda hlavního okruhu. K regulaci topení směšovacího okruhu se používá proporcionální směšovací ventil, proto je nutné krom čítače pro změnu teploty použít také čítač simulující na kolik je směšovací ventil otevřen. Regulátor předpokládá, že použitý ventil je ovládán impulzním vstupem, proto s každou změnou vstupu *DI5* (*Mix1Open*) na log 1 je zvýšena hodnota čítače a s každou změnou vstupu *DI6* (*Mix1Close*) na log 1 je jeho hodnota snížena. Regulátor nepoužívá žádnou zpětnou vazbu ke zjištění aktuálního stavu ventilu. Přírůstek teploty směšovacího okruhu závisí na míře otevřenosti ventilu (0%-100%) a na rozdílu teplot směšovacího okruhu a topné vody. Výstupem simulace směšovacího okruhu jsou dvě teploty, kde hodnota *TMix* reprezentuje teplotu za směšovacím ventilem a hodnota *TMistnost* reprezentuje teplotu v místnosti. Rozdíl teploty v místnosti a teploty za směšovacím ventilem je z důvodů zjednodušení nastaven na pevnou hodnotu a to 5°C.

Bazénu (Obr. 53) je obdobně jako směšovací okruh vytápěn topnou vodou hlavního okruhu, jediný rozdíl spočívá, že ventil pro regulaci vyhřívání bazénu není proporcionální, ale dvoustavový. Přírůstek teploty bazénu je řízen signálem *DI7* (*Servo_Bazén*). Přírůstek teploty je závislý na rozdílu teploty bazénu a topné vody, v případě, že topná voda není dost teplá, se bazén nenahřívá.



Obr. 53 Vytápění bazénu



Obr. 54 Zpracování Výkonu TČ pomocí Fuzzy regulace

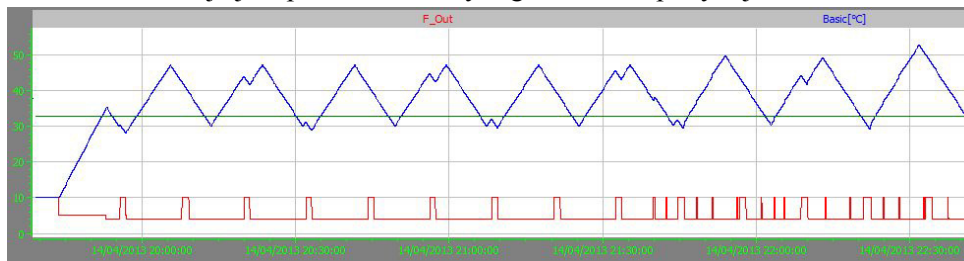
Takovou zvláštností v realizaci simulátoru je požití fuzzy regulátoru pro zpracování vstupního signálu, udávajícího požadovaný výkon čerpadla. Tento přístup samozřejmě není nutností a celý fuzzy regulátor by šlo jednoduše nahradit jedním blokem, cílem bylo spíše experimentálně vyzkoušet, zdali je možné pomocí jednoduchých bloků v Dirigu takovýto regulátor realizovat, za účelem budoucí implementace speciálního bloku pro fuzzy regulaci. Z obrázku (Obr. 54) je patrné, že bloky *KalibTransf* realizují tříbodové vstupní fuzzy množiny. Bloky *IMul* realizují výstupní crisp hodnoty regulátoru, jde tedy o fuzzy regulátor podle modelu Takagi – Sugeno. Výstupem regulátoru je hodnota *F_Out*, která reprezentuje podíl součtu jednotlivých výstupních bloků a součtu náležitostí k daným množinám. Výstup fuzzy regulátoru je lineární a ve své podstatě téměř stejný s výsledkem získaným při dělení vstupní hodnoty desíti.

8.2 Simulované hodnoty

Na (Obr. 55- Obr. 61) jsou vidět grafy hodnot získaných ze simulace. Jak je patrné, časová osa X je společná všem měřeným veličinám a zachycuje průběh simulace za zhruba tři hodiny. Z vysokého rozkmitu maxim a minim teplot je poznat, že simulace je stále o dost rychlejší, než by bylo skutečné vytápění, nicméně cílem simulace nikdy nebylo naprosto věrně kopírovat, průběh fyzikálního děje, ale spíše vytvořit nástroj, který by mohl sloužit k demonstraci produktu, či zaškolení servisních techniků. Zde je naopak žádoucí, aby simulace, aby byla urychlena a nebylo

tak nutné čekat na dostatečnou změnu teploty celý den. Samozřejmě naprosto ideální by bylo zároveň přenastavit parametry regulátoru, tak aby výsledná regulace lépe odpovídala zvýšené rychlosti simulátoru, nicméně, to již není tématem této práce.

První graf (Obr. 55) reprezentuje průběh teploty hlavního topného okruhu (křivka modrou barvou), kde jako zpětná vazba je brána teplota zpátečky. Na teplotě základního topného okruhu je dobře vidět dvoustavový charakter regulace. Teplota kmitá kolem žádané hodnoty, zobrazené zelenou přímkou. Poslední hodnota prvního grafu je výkon tepelného čerpadla (červeně). Zobrazovaná hodnota je již zpracována fuzzy regulátorem a pohybuje se v hodnotách od 4 do 10.



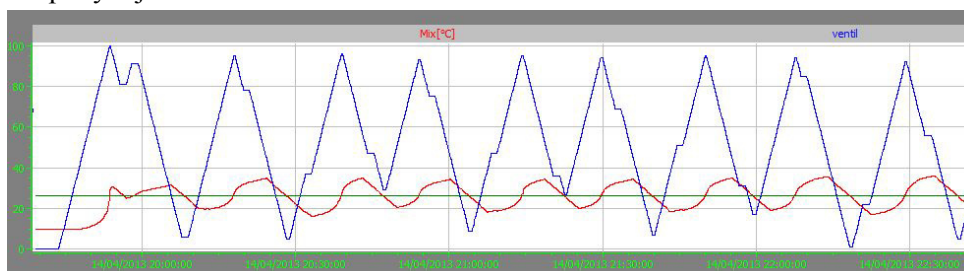
Obr. 55 Teplota hlavního topného okruhu

Druhý graf (Obr. 56) zobrazuje průběh teploty TUV v bojleru (červeně). Požadovaná teplota je zobrazena modře. Z počátku grafu je patrné, že nahřívání TUV má nejvyšší prioritu.



Obr. 56 Teplota TUV

Třetí graf (Obr. 57) ukazuje stav směšovacího okruhu. Jeho teplota je vyznačena červeně a kmitá okolo žádané hodnoty, značené zeleně. Jelikož je směšovací okruh závislý na teplotě topné vody, není průběh jeho teploty již tak lineární. Otevřenost směšovacího ventilu je vynesena modře a pohybuje se v hodnotách od 0% do 100%.



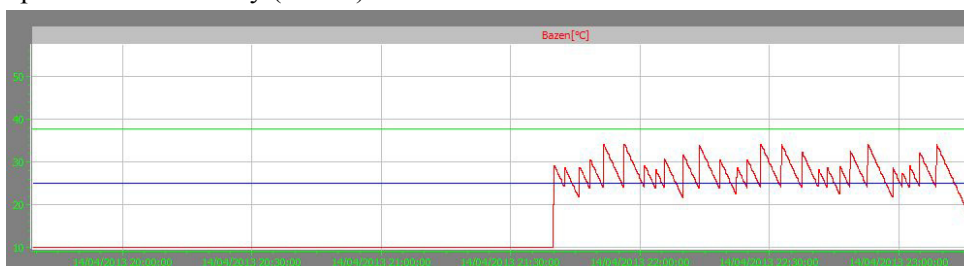
Obr. 57 Teplota Směšovacího okruhu

Čtvrtý graf (Obr. 58) sleduje změnu binárního vstupu *Blokace TČ* (červeně), který je ovšem technologií vyhodnocován s opačnou polaritou. Čerpadlo běží, pokud je *Blokace TČ* v log1 a stojí, pokud je *Blokace TČ* v log0. Modrá křivka reprezentuje nahřívání TUV. Z počátečních hodnot grafu je patrné, že nahřívání TUV má absolutní přednost.



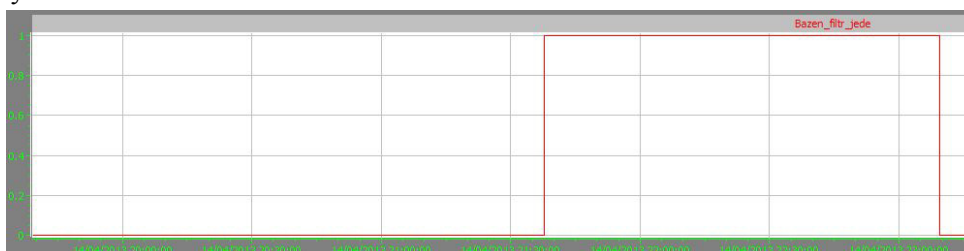
Obr. 58 Blokace TC a nahřívání TUV

Na pátém (Obr. 59) grafu je možné sledovat průběh teploty bazénu (červeně), která kmitá okolo požadované hodnoty (modře).



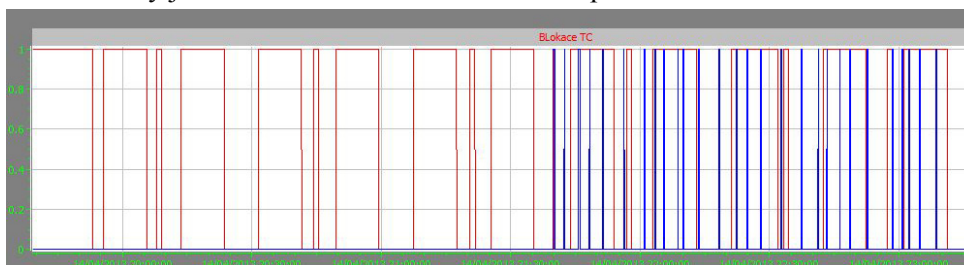
Obr. 59 Graf topení bazénu

Šestý graf (Obr. 60) zobrazuje, zdali jede, či nejede filtrace bazénu, která musí být zaplá, aby bylo možné bazén nahřívát.



Obr. 60 Filtrace bazénu

Poslední graf (Obr. 61) opět ukazuje změnu binárního vstupu *Blokace TČ* (červeně), oproti tomu je však nyní modře vynesena křivka stavu *serva bazénu*. Z grafu je vidět že bazén byl nahříván pouze omezenou dobu. Přestože je teplota bazénu závislá na teplotě topné vody, průběh teplot působí velmi lineárně, neboť *servo bazénu*, na rozdíl od směšovacího o kruhu, není proporcionální. Grafy je možné nalézt ve větší velikosti v přílohách na konci dokumentu.



Obr. 61 Blokace TČ a servo bazénu

9 Závěr

Cílem této práce bylo vytvořit celistvý, funkční produkt rozšířením stávající regulace tepelného čerpadla o dotykový terminál, vizualizaci na PC a simulaci. Celá aplikace prošla několika vývojovými fázemi, kde na konci byla ještě doladěna podle požadavků zákazníka. V diplomové práci bylo vyžadováno těchto pět bodů:

1. Teoretický popis technologie tepelných čerpadel
2. Simulace technologie tepelného čerpadla
3. Vizualizace provozu na PC
4. Vizualizace firmware pro dotykové operátorské panely
5. Zhodnocení dosažených výsledků

Realizace této diplomové práce začala v bodě, kdy bylo tepelné čerpadlo vybaveno základní regulací a dvouřádkovým textovým displejem. Textový displej však ze strany zákazníka není považován za vhodné uživatelské rozhraní. Aby bylo vyhověno těmto požadavkům, byl vybrán grafický dotykový displej, kompatibilní s programovatelnými automaty PLC P3, aby posloužil jako terminál. Výsledný dotykový terminál je realizován jako nadstavba dvouřádkového textového displeje tak, aby bylo možné jej jednoduše parametrizovat pomocí vývojového softwaru Dirigo. Za tímto účelem, bylo nutné rozšířit firmware dotykového terminálu o funkce vykreslující jednotlivé grafické objekty na obrazovce tak, aby byly v souladu s nastavenými parametry. Jednotlivé obrazovky jsou tak definovány ve firmware jako šablony, jejich obsah je pak určen parametry z vývojového nástroje Dirigo. Vizualizace je implementována pomocí vizualizačního softwaru Scribo, který komunikuje s řídicím PLC P3 a archivuje získané data. Většina dat vyčítaná Scribem jsou vizualizována v *gridech*, kde je možné je sledovat, či editovat. Pro přehlednost je stav tepelného čerpadla navíc zobrazován pomocí jednoduchých grafických objektů, které zobrazují základní hodnoty teplot a pomocí animací informují o proudění kapaliny v systému. Simulace je realizována hardwarově, za použití dalšího PLC P3. Vstupy a výstupy regulátoru jsou propojeny se vstupem a výstupem simulátoru, regulátor tak pracuje stále stejně, aniž by poznal, že není připojen k reálnému tepelnému čerpadlu. Výhoda tohoto řešení spočívá v možnosti zkoušet, nebo předvádět regulátor tepelného čerpadla s vizualizací bez připojení na technologii a bez nutnosti zasahovat do softwaru regulátoru. Simulace byla vytvořena především pro účely této diplomové práce, vývoj a ladění jednotlivých částí systému totiž probíhal na skutečném tepelném čerpadle.

V blízké době se předpokládá implementace alespoň některých z funkcí, na které vyvstal požadavek během realizace této diplomové práce. Jako příklad lze uvést: rozšíření záložky schéma u vizualizace, aby umožňovala intuitivnější ovládání, filtrování chybových hlášení na displeji tak, aby byly zobrazovány pouze aktivní chyby, možnost vykreslovat na displeji grafy, nebo vývoj nástroje pro navrhování grafických obrazovek v Dirigu. Jde o krátký výčet možných variant, jak dále pokračovat ve vývoji dotykového terminálu a vizualizace pro tepelné čerpadlo. Nicméně, nakonec záleží na rozhodnutí firmy, které z nich se budou realizovat.

10 Použitá literatura

- [1] Ing. Antonín Žeravík. Stavíme tepelné čerpadlo. 1. vyd. Vlastním nákladem, c2003. ISBN 80-239-0275-X. [citováno 2013-1].
- [2] LANGLEY, Billy C. Heat Pump Technology. 3rd ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall, c2002. viii, 536 s. ISBN 978-0130339652. [citováno 2013-1].
- [3] NARDONE, Mary S. Direct Digital Control Systems: Application · Commissioning. Boston: Kluwer Academic Publishers, c1999. viii, 252 s. ISBN 978-0412148217. [citováno 2013-1].
- [4] Sybas Control s.r.o. *P3 katalogový list* [DVD]. c2008, [citováno 2013-1].
- [5] Sybas Control s.r.o. *Terminal_Interface_Description_01* [DVD]. c2011, [citováno 2013-1].
- [6] Sybas Control s.r.o. *Vyčítání archivních grafů vizualizací SCRIBO z regulátoru TČ eco one* [DVD]. c2012 [citováno 2013-1].
- [7] Sybas Control s.r.o. *Konfigurace vizualizace SCRIBO pro regulátor TČ eco one* [DVD] c2011, [citováno 2013-1]
- [8] Sybas Control s.r.o. *Vizualizace TČ eco one pomocí nástroje SCRIBO* [DVD] c2012, [citováno 2013-1]
- [9] D.Křivský. *Popis protokolu DB-Net* [DVD]. c2000, Verze 1.01 [citováno 2013-1]. [DVD] c2011, [citováno 2013-1]
- [10] Bc. Martin Skarka. *Bakalářská práce*. c2009, [citováno 2013-1].
- [11] Microrisk. *Development set for GW-QVGA-01A - User's Guide* [DVD]. [citováno 2013-1].
- [12] *Abeceda tepelných čerpadel* [online]. [citováno 2013-1]. < <http://www.abeceda-čerpadel.cz/>>
- [13] A&A. *Proč si pořídit tepelné čerpadlo jako zdroj* [online]. c2009-2013, [citováno 2013-1]. < <http://www.topimecerpadlem.cz/otazky-odpovedi/proc-si-poridit-tepelne-čerpadlo-jako-zdroj-vytapeni/>>
- [14] Geosun. *Tepelná čerpadla Mitsubishi* [online]. c2012, [citováno 2013-1]. <<http://www.geosun.cz/cz/tepelna-čerpadla-mitsubishi/>>
- [15] CTC Plzeň s.r.o. *Obrázek tepelného čerpadla* [online]. c2013, [citováno 2013-1]. <<http://www.ctcplzen.cz/tepelna-čerpadla/>>
- [16] Solar Economics. *Obrázek jednotky Mitsubishi ZUBADAN* [online]. c2013, [citováno 2013-1]. <<http://www.solareconomic.cz/solarec/eshop/6-1-Teplo/20-3-ZUBADAN>>

11 Seznam příloh

PŘÍLOHA 1. – SCHÉMA ZAPOJENÍ DVOU P3 NA JEDNU SÉRIOVOU LINKU

PŘÍLOHA 2. – TOPOLOGIE SYSTÉMU

PŘÍLOHA 3. – TOPOLOGIE TERMINÁLU

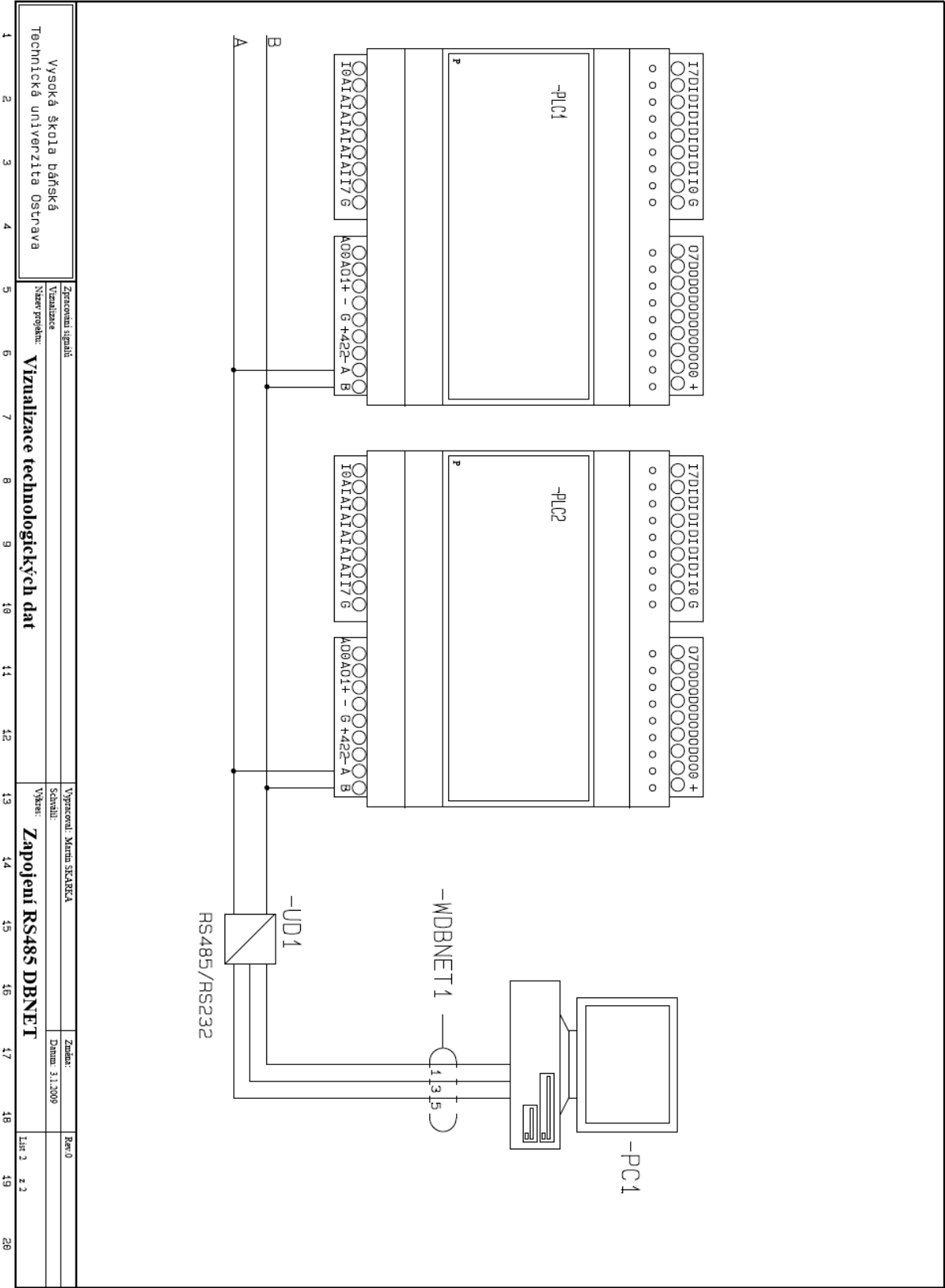
PŘÍLOHA 4. – SCHÉMA TEPELNÉHO ČERPADLA

PŘÍLOHA 5. – GRAF HLAVNÍHO A SMĚŠOVACÍHO OKRUHU

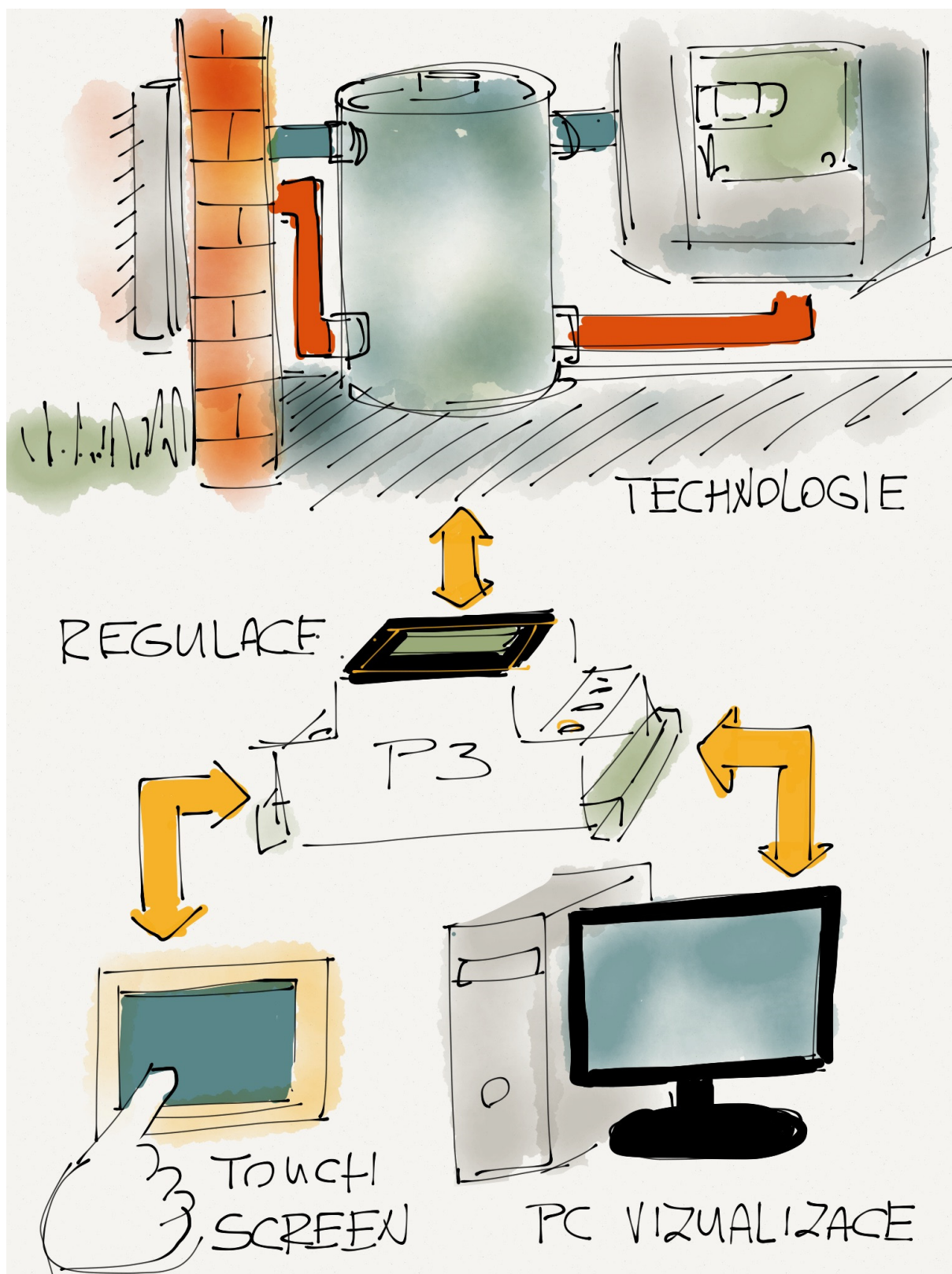
PŘÍLOHA 6. – GRAF TOPENÍ BAZÉNU

PŘÍLOHA 7. – PŘILOŽENÉ DVD

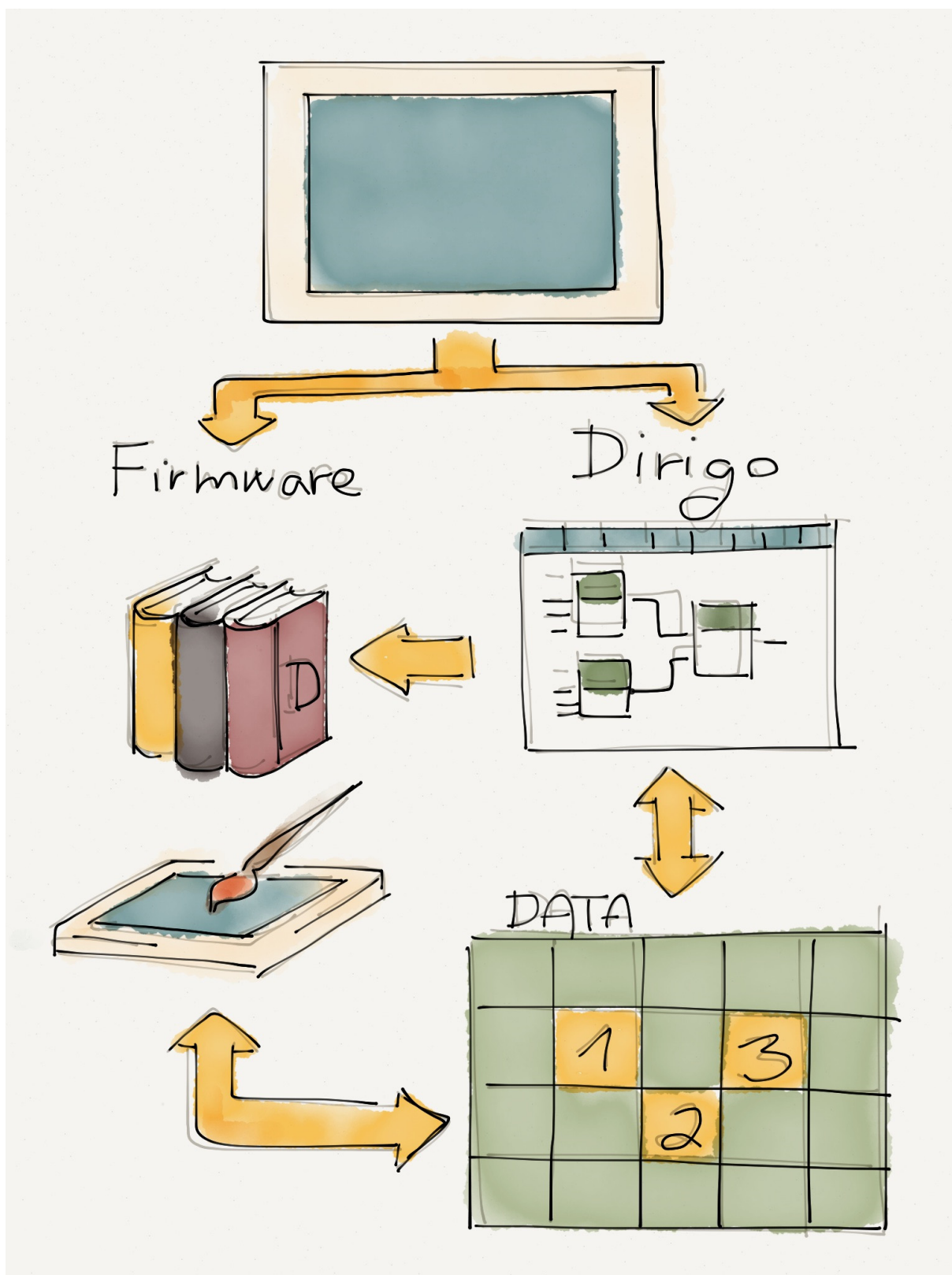
Příloha 1. – Schéma zapojení dvou P3 na jednu sériovou linku



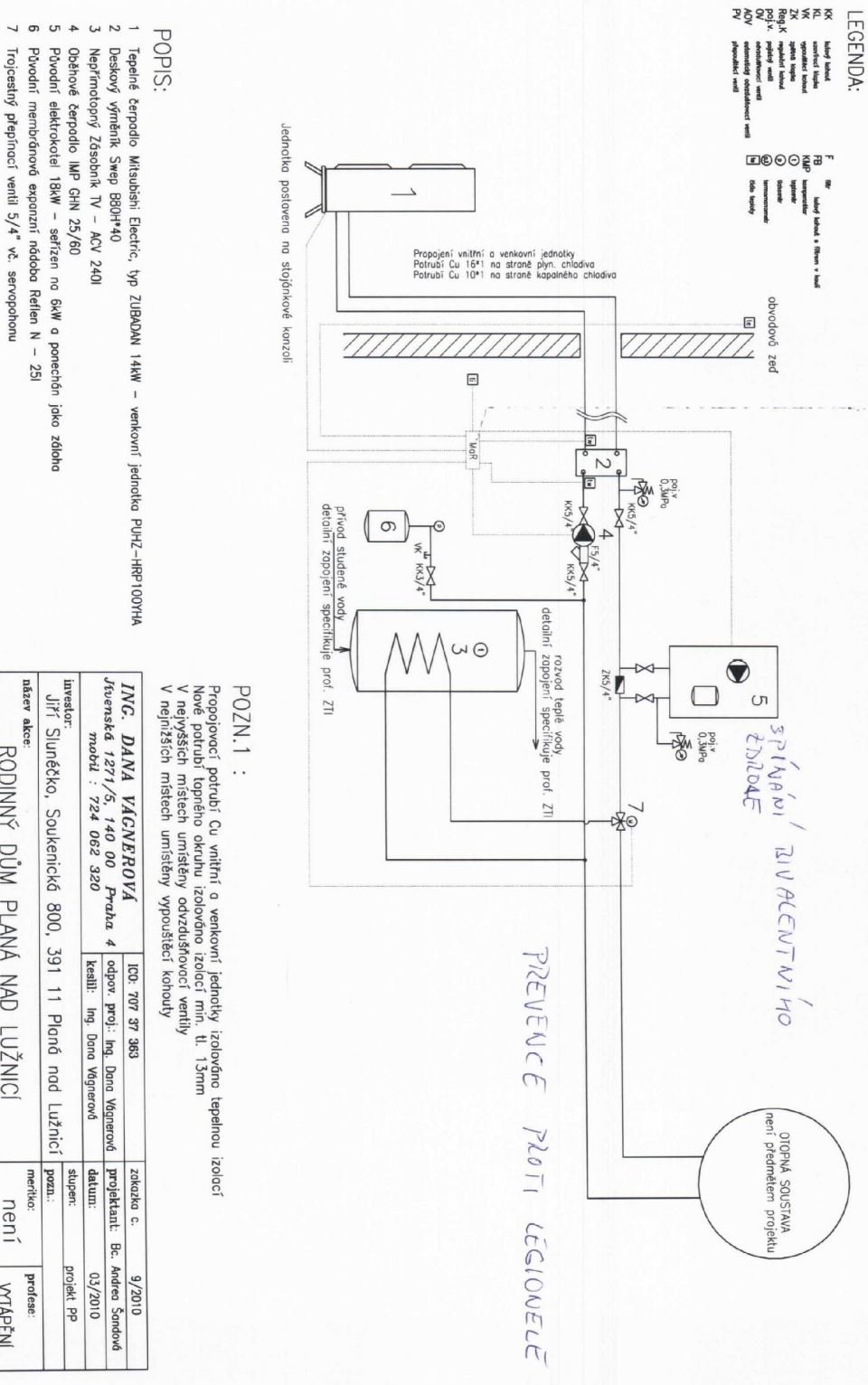
Příloha 2. – Topologie systému



Příloha 3. – Topologie terminálu

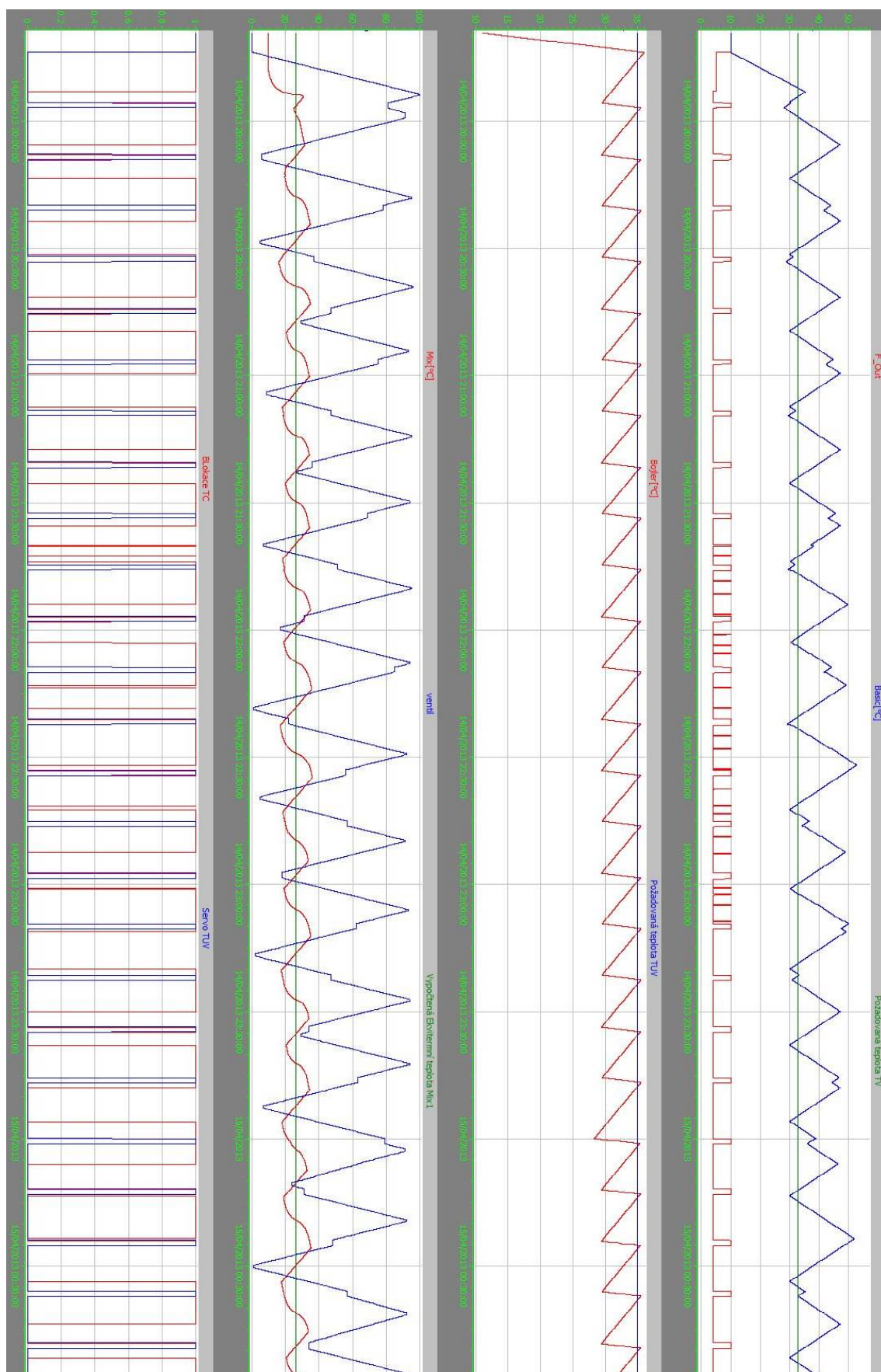


Příloha 4. – Schéma tepelného čerpadla

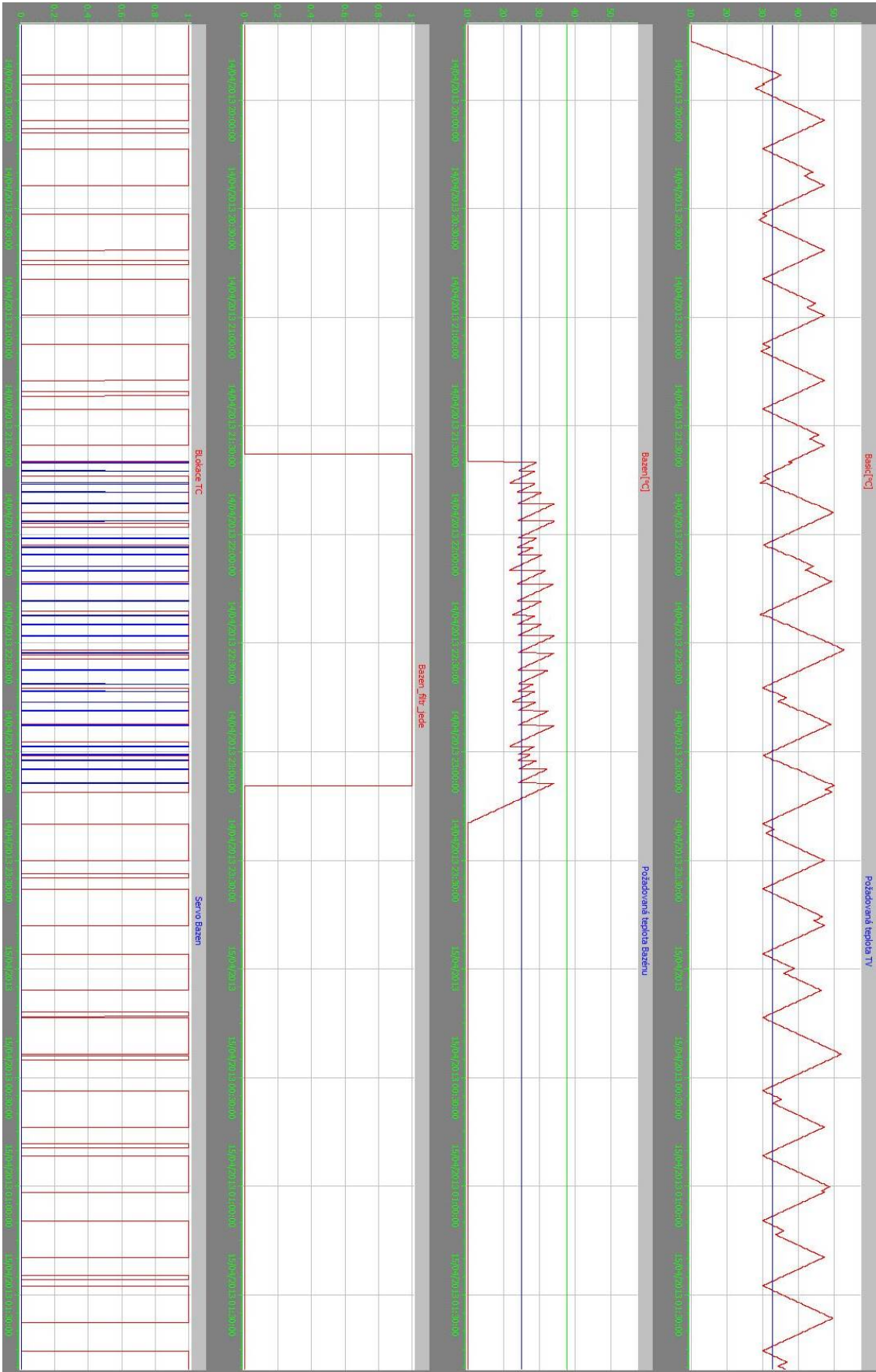


INC. DANA VAGNEROVÁ <i>Jiutská 1271/5, 140 00 Praha 4</i> <i>mobíl : 724 062 320</i>	ICO: 707 37 363	záznamka c.	9/2010
	odgov. proj.: Ing. Dana Vagnerová kresl.: Ing. Dana Vagnerová	projektant: Bc. Andrej Šindrov	
Investor: Jiří Slunečko, Soukenická 800, 391 11 Písná nad Lužnicí	datum: 03/2010	služen: projekt PP	
název akce: RODINNÝ DŮM PLANÁ NAD LUŽNICÍ	metrlo:	profes:	
období výkresu: TĚPILNÉ ČERPADLO – SCHÉMA ZAPOJENÍ	není	výtápení	
	oslo výkresu:		TČ 01

Příloha 5. – Graf hlavního a směšovacího okruhu



Příloha 6. – Graf topení bazénu



Příloha 7. – Příložené DVD

Obsah:

katalogový list PLC P3, Terminal_Interface_Description_01, Vyčítání archivních grafů vizualizací SCRIBO, Konfigurace vizualizace SCRIBO, Vizualizace Tepelného Čerpadla pomocí nástroje SCRIBO, Popis protokolu DB-Net, Development set for GW-QVGA-01A - User's Guide.